

Digitized by Google

. 2. 532

SYSTÊME
DE CHIMIE.

Digitized by Google

IMPRIMERIE DE H. PERRONNEAU.

5, 7, 332

SYSTÈME DE CHIMIE

DE M. TH. THOMSON,

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ D'EDIMBOURG;

TRADUIT DE L'ANGLAIS

SUR LA DERNIÈRE ÉDITION DE 1807,

PAR M. J^s. RIFFAULT;

PRÉCÉDÉ

D'une Introduction de M. C. L. BERTHOLLET, membre de l'Institut.

TOME SIXIÈME.



PARIS,

MAD. V^e. BERNARD, LIBRAIRE, QUAI DES AUGUSTINS, N°. 25.

M. DCCC. IX.



On trouve chez le même Libraire tous les livres nécessaires aux élèves de l'Ecole impériale Polytechnique, et aux ingénieurs de l'Ecole impériale des Ponts et Chaussées, ainsi que les livres de Chimie, Physique et Mathématiques;

Les Annales de Chimie;

Le Bulletin des Sciences par la Société Philomatique;

L'Histoire de France abrégée et chronologique, depuis la première expédition des Gaulois jusqu'en septembre 1808, avec une biographie des hommes célèbres depuis le 5e. siècle jusqu'à ce jour, et un plan de Paris avec ses dix accroissemens successifs. 2 vol. in-8°.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SIXIÈME.

IV

SYSTÊME DE CHIMIE.

CHAPITRE IV.

Des solides.

Les corps solides sont en beaucoup plus grand nombre que ceux soit liquides, soit fluides élastiques. Plusieurs de ces corps deviennent liquides lorsqu'ils sont chauffés, tandis que d'autres sont décomposés avant d'avoir acquis la température nécessaire pour produire la fluidité. Nous considérerons ici, d'abord, la constitution des corps solides, pour passer ensuite à l'examen des combinaisons qu'ils forment entre eux. Les corps solides consistent dans un nombre indéfini de molécules homogènes aggrégées ensemble en masses et tellement constituées qu'elles ne peuvent comme celles des liquides se mouvoir librement entre

elles. Dans la considération des corps solides il est deux circonstances qui doivent particulièrement fixer l'attention. La première est celle de la force d'union des molécules entre elles, ce qu'on appelle *cohésion ;* la seconde est le mode d'arrangement que suivent ces molécules les unes à l'égard des autres. C'est par cet arrangement des molécules des corps solides qu'ils se présentent sous des formes régulières qu'on a désignées par la dénomination de *cristaux*. Nous nous occuperons de chacun de ces objets séparément, et par conséquent, en traitant dans ce chapitre des corps solides, nous le diviserons en trois sections, savoir :

1. Leur cohésion.
2. Leur cristallisation.
3. Leur combinaison les uns avec les autres.

SECTION PREMIÈRE.

De la cohésion.

La force nommée *cohésion* est inhérente à toutes les molécules des corps solides, car tous les corps solides existent en masses composées d'un nombre indéfini de molécules unies ensemble.

1. La force de cohésion ne s'exerce qu'aux

5.7.332

plus petites distances, car son action cesse toutes les fois que nous plaçons les molécules d'un corps à une distance sensible entre elles.

[*La cohésion varie dans les différens corps.*]

2. La force de cohésion, toujours la même dans le même corps toutes choses étant égales d'ailleurs, présente de grandes différences dans les substances de nature diverse; ainsi une verge de fer est composée de molécules de ce métal d'une telle cohésion entre elles, que la séparation n'en peut être opérée que par une force très-considérable. Une force moindre suffit pour détruire la cohésion du plomb; par une force plus foible encore on sépare les unes des autres les molécules de la craie. Enfin il existe à peine deux corps dont la force de cohésion des molécules soit la même. La force de cohésion dans les corps solides se mesure par l'évaluation du poids qu'il faut employer pour les briser, ou plutôt du poids dont ils ne peuvent supporter l'effort sans que la force de résistance qu'opposent leurs parties à être séparées, ne soit vaincue; ainsi en suspendant une verge de verre dans une direction perpendiculaire et en attachant des poids à son extrémité inférieure jusqu'à ce qu'ils la fassent rompre, le poids qu'elle soutenoit immédiatement avant que cet effet ne fût produit, est la

mesure de sa force de cohésion. La suite la plus complète d'expériences qui aient été faites jusqu'à présent sur la force de cohésion des corps solides, sont celles de Muschenbroeck. Sickengen a aussi examiné avec beaucoup de soin celle de plusieurs des métaux. On trouvera dans la table qui suit les résultats des travaux du premier de ces physiciens (1).

I. Métaux.

	Kilogrammes.
Barre d'acier	61153
Barre de fer	33522
Fer fondu	22695
Cuivre fondu	12956
Argent fondu	18800
Or fondu	9966
Etain fondu	2011
Bismuth	1314
Zinc	1178
Antimoine	453
Plomb fondu	390

II. Alliages.

Or 2 parties, argent 1 partie	12684
Or 5 *idem*, cuivre 1 *idem*	22650

(1) Dans cette table, les nombres indiquent les poids en kilogrammes qui seroient justement suffisans pour faire rompre une verge de chacun de ces corps ayant 651 millimètres carrés de base.

	Kilogrammes.
Argent 5 *idem*, cuivre 1 *idem*. .	21970
Argent 4 *idem*, étain 1 *idem*. .	18573
Cuivre 6 *idem*, étain 1 *idem*. .	24915
Cuivre jaune.	23103
Etain 3 parties, plomb 1 partie. .	4621
Etain 8 *idem*, zinc 1 *idem*. . .	4530
Etain 4 *idem*, antimoine 1 *idem*.	5436
Plomb 8 *idem*, zinc 1 *idem*. . .	2038
Etain, 4 *id.*, plomb 1 *id.*, zinc 1 *id.*	5889

III. Bois.

Caroubier.	9105
Jujubier	8380
Hêtre, chêne	7837
Oranger.	7021
Aulne	6297
Orme	5980
Murier.	5662
Saule	5662
Frêne	5436
Prunier	5346
Sureau.	4530
Grenadier.	4417
Citronier	4190
Tamarin.	3964
Sapin	3773
Noyer	3683
Sapin portant résine	3468
Coignassier	3058
Cyprès.	2718
Peuplier.	2491
Cèdre	2211

IV. Os.

	Kilogrammes.
Ivoire	7370
Os	6918
Corne	3964
Côte de baleine	3397
Dent de veau marin	1846

[*Explication par Boscovich.*] 3. La meilleure explication que nous ayons de la nature de la cohésion est celle que présente la théorie de Boscovich dont elle est en effet la partie qui intéresse et satisfait le plus. Suivant lui, la cohésion entre les molécules des corps a lieu lorsqu'elles se trouvent placées dans la limite de la répulsion et de l'attraction. Deux molécules situées à une certaine distance l'une de l'autre, se repoussent réciproquement; cette répulsion diminue graduellement, comme la distance entre les molécules augmente jusqu'à ce qu'à la fin, cette distance s'étant progressivement étendue à un certain point, toute répulsion cesse. Si alors la distance est encore augmentée, si peu que ce soit, les molécules, au lieu de se repousser, s'attirent, et cette attraction augmente avec la distance, jusqu'à ce qu'elle soit parvenue à son maximum. A partir de ce terme, l'attraction diminue par degrés jusqu'à ce qu'enfin les molécules, ayant acquis

une certaine distance, elle est totalement anéantie. Si alors la distance est encore augmentée même de la plus petite quantité, les molécules se repoussent de nouveau entre elles. Boscovich suppose la distance insensible entre deux molécules, divisée en un nombre indéfini de portions de répulsions et attractions alternatives.

Soit la ligne *AH* (fig. 1) représentant la distance insensible entre deux molécules, et soient les ordonnées de la courbe $IQqq'q''$ représentant les forces d'attraction et de répulsion des deux molécules, à mesure que la seconde se meut le long de la ligne *AB*, la première restant au point *A*. Les ordonnées des courbes situées au-dessus de la ligne *AH*, représentent les forces répulsives, et celles au-dessous de la ligne, les forces attractives. Les points *B*, *C*, *D*, *E*, *F*, *G*, *H*, où les courbes coupent l'axe, représentent les limites entre la répulsion et l'attraction. Tandis que la seconde molécule est dans une partie quelconque de la ligne *AB*, elle est repoussée : la répulsion augmente à mesure que la molécule approche de *A*, et à ce point *A*, elle est infinie, parce que la ligne *Aa* doit être considérée comme une asymptote de la courbe. Au point *B*, la seconde molécule n'est ni repoussée ni attirée. Dans chaque partie de la

ligne *BC* elle est attirée; et l'attraction est à son plus haut degré à *P*, parce que là l'ordonnée *PQ* est un maximum. Au point *C*, la molécule n'est ni attirée ni repoussée. Dans chaque portion de la ligne *CD*, elle est repoussée; en *D*, elle n'est ni attirée ni repoussée; en *DE*, elle est attirée, et ainsi de suite.

Or, Les points *B*, *D*, *F* et *H* sont appelés par Boscovich limites de cohésion, parce que les molécules placées dans ces points ne subissent aucun changement et résistent même à toute force qui tendroit à les déplacer. Si elles sont rapprochées l'une de l'autre, elles sont de nouveau repoussées à leur première limite; d'un autre côté, si elles sont portées à une plus grande distance, elles sont attirées de nouveau dans leur première situation.

Boscovich suppose que dans tous les cas de cohésion les molécules du corps adhérent sont dans une situation telle qu'elles se trouvent être respectivement dans ces limites de cohésion. Ainsi, d'après cette très-ingénieuse théorie, la cohésion n'est pas, proprement parlant, une force, mais bien un intervalle entre deux forces; et même en modifiant un peu cette théorie, on pourroit considérer la cohésion comme le balancement de deux forces opposées, dont l'une ou l'autre prévaut, suivant que les molécules

cohérentes sont forcées ou de s'approcher de plus près les unes des autres, ou de s'écarter entre elles à une distance plus grande; et par conséquent on pourroit dire, avec encore plus de précision, que la *cohésion* n'est pas par elle-même une force, mais qu'elle résulte de l'absence d'une force. Ce qu'on a appelé jusqu'ici *la force de cohésion*, est l'attraction qui empêche les molécules cohérentes de se séparer les unes des autres, et qui commence à agir, ou plutôt qui devient prédominante lorsque les molécules sont poussées à une plus grande distance entre elles.

4. Boscovich a fait voir d'une manière très-satisfaisante comment toutes les variétés de cohésion peuvent être produites par des différences dans la dimension, la figure et la densité des molécules cohérentes (1). Il est remarquable que dans la plupart des cas, la force de cohésion des corps solides non décomposés est très-considérable : telle est celle des métaux ; elle n'est vraisemblablement pas moindre dans le diamant, si on en peut juger par sa dureté : et la cohésion du soufre est aussi très-grande. Le saphir, ou l'alumine

(1) *Voy.* sa *Theoria philosophiæ naturalis*, part. 3, sect. 406, p. 185.

cristallisée, le cristal de roche, ou la silice à l'état de cristaux sont toujours très-durs ; la cohésion des métaux est très-souvent augmentée considérablement par leur alliage. C'est ainsi que celle du cuivre est doublée lorsqu'il est allié avec les 0.166 de son poids d'étain, quoique la force de cohésion de ce dernier métal soit à peine équivalente aux 0.166 de celle du cuivre. La force de cohésion des métaux s'accroît d'une manière très-sensible lorsqu'on les forge ou qu'on les tire en fils. Par cette dernière opération la cohésion de l'or, de l'argent et du laiton est à-peu-près triplée, et celles du cuivre et du fer sont plus que doublées.

SECTION II.

De la cristallisation.

Le mot cristal (χρυςαλλοσ) signifioit originairement *glace*. Les anciens en appliquèrent depuis la signification à la silice cristallisée ou *cristal de roche*, parce qu'ainsi que Pline nous l'apprend, ils considéroient ce corps comme n'étant autre chose que de l'eau congelée par l'action du froid. Les chimistes se servirent par la suite de ce terme pour distin-

guer tous les corps transparens ayant une forme régulière, et on l'emploie généralement aujourd'hui pour désigner les figures régulières que prennent les corps lorsque leurs molécules peuvent se combiner librement, suivant les lois de la cohésion. Ces corps réguliers se rencontrent très-fréquemment parmi les substances minérales ; ils ont pendant longtems attiré l'attention par leur grande beauté et leur aspect symétrique. Presque tous les sels peuvent également prendre la forme cristalline ; et comme ces substances sont le plus ordinairement dissolubles dans l'eau, il est en notre pouvoir de produire, en quelque sorte à volonté, la forme régulière de cristaux.

1. La plupart des corps solides sont ou à l'état de cristaux, ou susceptibles d'y être mis. Or il a été observé depuis longtems par les chimistes et les minéralogistes, que chaque substance individuellement affecte toujours, lorsqu'elle cristallise, une forme qui lui est particulière ; et c'est en effet dans la considération de la forme propre à chaque substance, qu'on a trouvé le meilleur moyen de les distinguer les unes des autres. C'est ainsi qu'on a remarqué que le muriate de soude prend la forme d'un cube, et l'alun celle d'un octaèdre consistant en deux pyramides tétraèdres appliquées

base à base. Le nitrate de potasse affecte la forme d'un prisme hexaèdre, le sulfate de magnésie celle d'un prisme tétraèdre, et le carbonate de chaux se trouve souvent à l'état d'un rhomboïde. Ce n'est pas cependant que la cristallisation de chaque substance particulière offre toujours uniformément la même figure, car les produits de cette opération sont susceptibles de grandes variations, suivant les circonstances; mais comme pour chaque substance il est un certain nombre de formes qui lui appartiennent spécialement, les cristaux d'une substance adoptent dans tous les cas l'une ou l'autre de ces formes qui lui sont particulières et jamais aucune autre. Ainsi la figure du muriate de soude cristallisé est toujours le cube ou l'octaèdre, ou toute autre figure susceptible d'être réduite à celles-ci.

2. Puisqu'il faut que les molécules des corps soient en pleine liberté de se mouvoir avant qu'ils cristallisent, il est évident que nous ne pouvons obtenir à l'état de cristaux que ceux des corps qui sont susceptibles d'être rendus fluides. Or ils ne peuvent l'être que de deux manières, ou par la dissolution dans un liquide, ou par la fusion à l'aide de la chaleur. Nous n'avons donc que ces seuls moyens pour former des cristaux.

[*Dissolution.*] C'est par la dissolution que s'opère ordinairement la cristallisation des sels. Lorsqu'après les avoir dissous dans l'eau on évapore lentement ce liquide, les molécules salines se rapprochent peu-à-peu les unes des autres ; elles se combinent ensemble et forment de petits cristaux. Ces cristaux augmentent continuellement dans leurs dimensions par l'addition d'autres molécules, jusqu'à ce qu'à la fin ils tombent par leur pesanteur au fond du vaisseau. On doit observer cependant qu'il est deux sortes de dissolutions, dont chacune présente des phénomènes différens de cristallisation. Quelques sels qui ne se dissolvent qu'en très-petites quantités dans l'eau froide sont très-dissolubles dans l'eau chaude, c'est-à-dire, que ce liquide n'a que peu d'action sur eux à la température ordinaire de l'atmosphère, tandis que lorsqu'il est combiné avec le calorique il s'en charge très-facilement. Lorsque de l'eau chaude saturée de l'un de ces sels, quel qu'il soit, vient à se refroidir, elle cesse d'être capable de le tenir en dissolution, et il en résulte que les molécules salines se rapprochent les unes des autres, et que la cristallisation a lieu. Le sulfate de soude est un des sels de cette espèce ; il suffit, pour les faire cristalliser, d'en saturer de l'eau chaude et de laisser ensuite

refroidir la liqueur ; mais on essaieroit en vain d'y parvenir en faisant évaporer la dissolution chaude ; on ne pourroit en obtenir autre chose qu'une masse sans forme. Parmi les sels qui suivent cette loi de cristallisation, il en est un grand nombre qui se combinent avec l'eau en grande proportion, ou, ce qui est la même chose, dont les cristaux contiennent beaucoup d'eau de cristallisation.

Il y a aussi d'autres sels qui sont à-peu-près également dissolubles dans l'eau chaude et dans l'eau froide ; le muriate de soude est du nombre. Il est évident que la cristallisation des sels de cette espèce n'a pas lieu par refroidissement, mais elle s'opère très-bien par l'évaporation de leur dissolution pendant qu'elle est chaude. Ces sels ne contiennent généralement que peu d'eau de cristallisation.

[*Fusion.*] Il est cependant beaucoup de substances qui n'étant dissolubles ni dans l'eau, ni dans d'autres liquides, sont néanmoins susceptibles de prendre la forme cristalline. C'est ce qui a lieu à l'égard des métaux, du verre, et de quelques autres corps. La méthode qu'on emploie pour les faire cristalliser est *la fusion*, qui est une dissolution par le calorique. Par l'action de ce principe les molécules sont séparées les unes des autres, et par le refroidisse-

ment graduel du corps fondu, elles ont la liberté de s'arranger en cristaux réguliers.

3. Il faut beaucoup d'adresse et une attention soutenue avec bien de la patience pour obtenir artificiellement de très-grands cristaux d'une forme régulière. Cette branche intéressante de la chimie-pratique a été singulièrement perfectionnée par Le Blanc : il parvint non-seulement à se procurer à volonté des cristaux réguliers de presque toute dimension quelconque, mais encore il tira parti de ses essais à ce sujet pour faire un grand nombre d'observations importantes sur la cristallisation en général (1). Il opéroit de la manière suivante : il dissolvoit dans l'eau le sel qu'il vouloit faire cristalliser, et il évaporoit ensuite la liqueur jusqu'à consistance convenable pour que la cristallisation put avoir lieu par refroidissement; il l'abandonnoit alors à elle-même; et lorsqu'elle étoit devenue entièrement froide, il la décantoit de dessus la masse de cristaux qui pouvoient se trouver au fond du vaisseau, pour la verser dans un autre à fond plat. Il se formoit dans la liqueur, ainsi transvasée, des cristaux solitaires à quelque distance les uns des autres, et on

(1) Jour. de phys. LV. 300.

pouvoit les observer s'y augmentant par degrés. Il choisissoit alors les plus réguliers d'entre eux, il les mettoit dans un autre vaisseau à fond plat, à quelque distance les uns des autres et versoit par dessus une certaine quantité de liquide résultant, par le même moyen, de l'évaporation d'une dissolution du sel jusqu'à cristallisation par refroidissement. Il changeoit au moins une fois chaque jour avec une baguette de verre chaque cristal de position, afin que toutes les faces en pussent être alternativement exposées à l'action du liquide; car celle sur laquelle le cristal reste posé ne reçoit jamais d'accroissement. Par ce moyen les cristaux augmentoient progressivement en dimensions. Lorsqu'ils ont acquis, de cette manière, une grosseur telle qu'on puisse aisément en distinguer la forme, on prend ceux qui sont les plus réguliers, ou qui présentent le plus exactement la figure qu'on desiroit obtenir, et on met chacun d'eux séparément dans un vaisseau rempli d'une portion du même liquide en les retournant, comme on vient de le dire, plusieurs fois le jour. On peut ainsi les avoir de presque toute dimension qu'on juge convenable. Lorsque le cristal est resté pendant un certain tems dans le liquide, la quantité du sel qu'il tenoit en dissolution est tellement dimi-

nuée, qu'il commence à agir sur le cristal et le redissout. L'effet de cette action devient d'abord sensible sur les angles et les bords du cristal; ils s'émoussent peu-à-peu et perdent entièrement leur forme. Dès qu'on s'apperçoit de ce commencement d'action, il faut décanter le liquide et le remplacer par une portion de dissolution nouvelle, autrement le cristal seroit infailliblement détruit. M. Leblanc a observé que ce singulier changement a lieu d'abord à la surface du liquide, en s'étendant ensuite graduellement vers le fond, de manière que souvent on peut voir un cristal, s'il est large, s'augmenter à son extrémité inférieure, tandis qu'à celle supérieure on l'apperçoit disparoître. M. Leblanc assure même que les dissolutions salines augmentent presque toujours en densité, suivant que la distance entre leur surface et leur partie inférieure est plus considérable.

[*Nature de la cristallisation.*] 5. Les anciens physiciens semblent avoir fait peu d'attention aux phénomènes de la cristallisation; leur théorie, qui attribuoit aux élémens des corps certaines figures géométriques régulières, leur fut bien, à la vérité, suggérée par l'observation de ces phénomènes, mais il n'est pas à notre connoissance qu'ils aient essayé par aucun moyen convenable de parvenir à les

expliquer. Les scolastiques se bornoient à faire dériver les figures régulières des cristaux de leurs formes substantielles, sans se mettre autrement en peine de donner la signification de cette expression. Ces premières notions furent attaquées par Boyle, qui prouva que les cristaux sont formés par la simple aggrégation des molécules (1) ; mais il restoit encore à rendre raison de ce qui pouvoit donner lieu à cette aggrégation, et comment les molécules s'unissoient de manière à produire des figures régulières.

Il est évident que l'aggrégation résulte de l'action de cette force attractive que nous avons considérée dans la dernière section ; mais la cause qui produit les figures régulières est plus difficile à trouver. Newton a observé que les molécules des corps lorsqu'ils sont à l'état de dissolution, se trouvent arrangées dans le dissolvant suivant un ordre régulier, et à des distances qui le sont aussi. Il faut, en conséquence que quand la force de cohésion devient suffisante pour opérer la séparation des molécules du dissolvant, elles se combinent naturellement en groupes composés de celles de ces molécules qui sont le plus rapprochées les unes des autres.

(1) *Treatise on the origin of forms and qualities.*

Or, il est à supposer que toutes les molécules du même corps ont la même figure, et la combinaison d'un nombre déterminé de corps semblables doit produire des figures semblables. Il est devenu extrêmement probable, d'après Haüy, que la combinaison de ces molécules intégrantes s'opère toujours dans le même corps par le même moyen, c'est-à-dire que les mêmes faces ou les mêmes bords s'attachent toujours ensemble, mais que cet effet varie dans des cristaux différens. On peut à peine en rendre raison sans supposer que les molécules des corps sont douées d'une certaine polarité en vertu de laquelle elles attirent une partie d'une autre molécule, dont elles repoussent les autres portions. Au moyen de cette polarité, on peut bien concevoir la régularité de cristallisation, mais cette cristallisation est elle-même inexplicable.

Il est remarquable que les cristaux affectent non-seulement des figures régulières, mais que toujours ils sont terminés par des surfaces planes. Il est en effet très-rare qu'on observe dans ces corps des surfaces courbes, et lorsque cela arrive, les cristaux présentent toujours des preuves non équivoques d'imperfection; mais comment se faire une idée de cette tendance constante des molécules des cristaux, à

s'arranger de manière à présenter toujours des surfaces planes, si on ne considère pas ces molécules elles-mêmes comme étant des figures régulières terminées aussi par des surfaces planes.

6. Si la figure des cristaux dépend de celle de leurs molécules intégrantes et de la manière dont elles se combinent, on peut raisonnablement supposer que les mêmes molécules, lorsqu'elles sont mises en pleine liberté de se mouvoir, se trouveront toujours assujéties au même mode de combinaison, et que, par conséquent, les cristaux de chaque corps en particulier, seront toujours les mêmes.

[*Tous les cristaux ont une forme primitive.*] Les formes diverses que prennent les cristaux d'un même corps sont souvent très-nombreuses et très-différentes les unes des autres. C'est ainsi qu'on a reconnu que le carbonate de chaux n'avoit pas moins de quarante formes différentes de cristallisation. Le fluate de chaux en présente huit, et le sulfate de chaux à-peu-près un nombre égal.

Mais l'incompatibilité de ces circonstances avec la régularité du mode de cristallisation, n'est pas aussi grande qu'elle peut le paroître d'abord. Romé de Lisle a fait voir que chaque corps susceptible de cristalliser, a une forme particulière qu'il affecte le plus ordinairement, ou au moins

dont il se rapproche le plus souvent. Il a été démontré par Bergman, que cette forme primitive, ainsi que l'a appelée Haüy, reste très-souvent cachée dans ceux-là mêmes des cristaux qui semblent s'en éloigner le plus; et Haüy a prouvé que tous les cristaux ont cette forme primitive, ou aumoins qu'ils la contiennent comme noyau dans leur intérieur; car on peut l'extraire de tous les cristaux par une divisision mécanique faite avec adresse et précaution.

Haüy étant ainsi parvenu à obtenir un prisme hexaèdre régulier de spath calcaire, ou de chaux carbonatée, qu'il avoit détaché d'un groupe de cristaux de la même espèce, il observa qu'une petite portion de cristal manquoit, et que la fracture présentoit une surface très-lisse.

Soit *a b c d e f g h* (fig. 2.) le cristal; la fracture laisse à découvert le trapèze *p s u t*, incliné obliquement et faisant un angle de 135° avec l'un et l'autre résidu *a b c s p h* de la base, et celui *t u e f* du pan *i n e f*. Observant que le segment *p s u t i n*, ainsi séparé du cristal, avoit pour sommet *in*, une des arêtes de la base *a b c n i h* du prisme, il essaya de détacher un segment semblable de la partie à laquelle l'arête voisine *c n* correspondoit. Il se servit à cet effet d'une lame de couteau dirigée, à l'aide d'un marteau, sous le même degré d'obliquité que le trapèze *p s u t*,

mais il ne put y réussir; cependant en faisant la même tentative sur l'arête contigue *b c*, il parvint à détacher un autre segment exactement semblable au premier, et ayant pour son sommet l'arête *b c*. Il ne put produire aucun effet sur l'arête contigue *a b*; mais il obtint, en opérant sur celle suivante *a h*, une coupe semblable aux deux autres. Enfin, il trouva la même résistance à la division dans la sixième arête *h i*. Il fit alors les mêmes tentatives sur l'autre base du prisme *d e f g k r*, et trouva que les arêtes qui se prêtoient à des coupes semblables aux précédentes n'étoient pas celles *e f*, *d r*, *g k*, correspondantes aux arêtes de la base opposée, mais bien les arêtes intermédiaires *d e*, *k r*, *g f*. Le trapèze *l q y v* représente la section du segment qui avoit *k r* pour son sommet. Cette section étoit évidemment parallèle à celle *p s u t*, et les quatre autres sections étoient aussi parallèles deux à deux. Ces sections étoient, sans doute, les joints naturels des couches du cristal; et il réussissoit aisément à en obtenir d'autres parallèlement aux premières; mais il ne lui fut pas possible de diviser le cristal dans aucune autre direction. Il détacha de cette manière des couches l'une après l'autre, approchant toujours de plus en plus de l'axe du prisme, jusqu'à ce qu'enfin les bases ayant totalement disparu, le prisme

se trouva changé dans le solide *OX* (fig. 3) terminé par douze pentagones parallèles deux à deux, dont ceux des extrémités, c'est-à-dire, ***ASRIO***, ***IGEDO***, ***BAODC***, d'une part, et ceux ***FKNPQ***, ***MNPZU***, ***ZQPXY*** de l'autre, étoient les résultats de la division mécanique, et avoient leurs sommets communs *O*, *P*, situés à la naissance des bases du prisme original, les six autres pentagones latéraux *RSUXY*, *ZYRIG*, etc. (fig. 3), étant les résidus de ces six pans.

En continuant la division parallèlement aux premières sections, les pentagones latéraux diminuoient continuellement de hauteur, jusqu'à ce qu'à la fin, les points *R*, *G* coïncidant avec les points *Y*, *Z*, les points *S*, *R*, avec ceux *U*, *Y*, etc., il ne restoit plus de pentagones latéraux, mais seulement les triangles *YIZ*, *UXY*, etc. (fig. 4). Enfin, en continuant encore les mêmes sections, les triangles eux-mêmes finirent par disparoître, et le prisme fut converti dans le rhomboïde *a e*, (fig. 5).

Un résultat aussi inattendu porta M. Haüy à faire le même essai sur un plus grand nombre de ces cristaux, et il s'assura que tous pouvoient être réduits à des rhomboïdes semblables. Il reconnut aussi que les cristaux d'autres substances pouvoient être ramenés de la même manière à de

certaines formes primitives; que chacune de ces formes est constante dans les mêmes substances, mais que chaque substance a la sienne particulière qui lui est propre. Il trouva par exemple, que la forme primitive du fluate de chaux étoit un octaèdre régulier, celle du sulfate de barite, un prisme droit à bases rhombes, etc.

Ces formes primitives dépendent de la figure des molécules intégrantes dont ces cristaux se composent, et de la manière dont elles se sont combinées les unes avec les autres. Or, en continuant la division mécanique du cristal par des coupes parallèles à chacune de ses faces, on finira par le réduire à une dimension si petite, qu'il ne contiendra plus qu'une seule molécule intégrante. Cette figure dernière du cristal dont la nature eut été détruite, si la division avoit été poussée plus loin, devra donc être celle des molécules intégrantes dont il est formé.

[*Molécules intégrantes de trois figures.*] Les formes des molécules des corps peuvent être réduites, suivant Haüy, aux trois suivantes; savoir :

1. Le parallélipipède, le plus simple des solides, dont les faces sont au nombre de six, et parallèles deux à deux.

2. Le prisme triangulaire, le plus simple des prismes.

3. Le tétraèdre, la plus simple des pyramides. Quelque restreint que soit ce nombre de formes primitives, on jugera qu'il suffit pleinement pour rendre raison, sans avoir recours à des forces absolues différentes, de toutes les variations dans la cohésion et l'affinité hétérogène, si on considère la diversité presqu'infinie de dimension, de proportion et de densité, dont les molécules des différens corps, quoique de même figure, peuvent être susceptibles.

Ces molécules intégrantes, lorsqu'elles s'unissent pour former les cristaux primitifs, ne se joignent pas toujours de la même manière; quelquefois elles s'unissent par leurs faces, et d'autres fois par leurs bords en laissant des vides considérables entre elles; ce qui explique comment les molécules intégrantes, quoiqu'ayant la même forme, peuvent composer des cristaux primitifs de figures différentes.

[*Formes cristallines primitives.*] M. Haüy s'est assuré que les formes primitives des cristaux sont au nombre de six; savoir:

1. Le parallélipipède qui renferme le cube, le rhomboïde et tous les solides terminés par six faces parallèles deux à deux.

2. Le tétraèdre régulier.

3. L'octaèdre avec faces triangulaires.

4. Le prisme hexaèdre.

5. Le dodécaèdre terminé par des rhombes.

6. Le dodécaèdre avec faces triangulaires isocèles.

On peut supposer que chacune de ces formes se rencontre comme étant celle primitive, ou le noyau, dans une grande variété de corps; mais on n'a trouvé jusqu'à présent en nombre considérable que celles qui, comme le cube et l'octaèdre, sont régulières.

Les corps lorsqu'ils sont cristallisés ne se présentent pas toujours sous leur forme primitive. Il en est en effet quelques-uns qui l'affectent très-rarement, et dans tous il réside une certaine disposition à prendre facilement, suivant les circonstances, un certain nombre de formes tout aussi bien que celle primitive. Ainsi la forme primitive du fluate de chaux est l'octaèdre; mais on trouve souvent ce sel cristallisé en cubes, en dodécaèdres rhomboïdaux, et sous d'autres formes. Toutes ces formes différentes qu'un corps est susceptible de prendre, celle primitive exceptée, Haüy les a appelées *formes secondaires*. Or, quelle est la raison de cette latitude dans la faculté de cristallisation des corps? Et comment affectent-ils si souvent ces formes secondaires?

On peut répondre à ces questions.

[*Différences dans la composition.*] 1°. Que

ces formes secondaires résultent quelquefois de variations dans les principes qui composent les molécules intégrantes de tout corps particulier quelconque. L'alun, par exemple, cristallise en octaèdres ; mais avec une addition d'alumine, ce sont des cubes ; et lorsque cette dernière substance y est en excès, il ne cristallise plus ; si la proportion d'alumine varie entre celles qui produisent l'octaèdre et le cube, les cristaux deviennent des figures à quatorze faces, dont six sont parallèles à celles du cube, et huit à celles de l'octaèdre ; et suivant que les proportions se rapprocheront davantage de celles qui donnent les cubes ou les octaèdres, les cristaux participeront plus ou moins de l'une ou de l'autre de ces formes. Il y a plus encore, en plaçant un cristal cubique d'alun dans une dissolution qui fourniroit des cristaux octaèdres, ce cristal passe de la forme cubique à celle d'octaèdre, et réciproquement un octaèdre mis dans une dissolution qui donneroit des cristaux cubiques, devient lui-même un cube (1). Or, combien ne doit-il pas paroître difficile d'établir avec une précision absolue les proportions des différens principes composans.

[*Différences dans les dissolvans.*] 2°. Les

(1) Leblanc, Ann. de chim. XIV. 149.

formes secondaires sont dues quelquefois au dissolvant dans lequel les cristaux sont produits. C'est ainsi que le muriate de soude dissous dans l'eau, et qu'on y fait cristalliser, se présente sous la forme de cubes, tandis que ce n'est plus en cubes mais en octaèdres réguliers qu'il se forme en cristallisant dans l'urine. D'un autre côté, le muriate d'ammoniaque cristallise dans l'eau en octaèdres, et en cubes dans l'urine.

3°. Mais quand on supposeroit que la nature du dissolvant et la proportion des principes composans sont, autant qu'on peut s'en assurer, exactement les mêmes, il n'en existe pas moins encore une variété de formes secondaires dont l'apparence se manifeste ordinairement. La production de ces formes secondaires se trouve expliquée d'une manière heureuse par la théorie de la cristallisation, dont nous sommes redevables à M. Haüy; théorie qui par sa simplicité et sa clarté autant que par son importance, doit être considérée comme une des acquisitions les plus essentielles que la minéralogie, et même la chimie, aient faites jusqu'à présent.

[*Différences de décroissement des lames cristallines.*] Suivant cette théorie de Haüy, la matière additionnelle qui enveloppe le noyau

primitif consiste en lames minces ou couches de molécules posées l'une au-dessus de l'autre sur les faces de ce noyau, et qui décroissent en étendue au moyen de soustractions, qui se font de ses bords ou de ses angles, d'une ou de plusieurs rangées de molécules intégrantes.

Supposons que *ABFG*, (fig. 6), soit un cube composé de 729 petits cubes, chacune de ses faces consistera dans 81 carrés formant les faces extérieures d'autant de molécules cubiques dont l'ensemble constitue le cube. Sur l'une des faces *ABCD* de ce cube appliquons une lame carrée composée de cubes égaux à ceux qui forment le cristal primitif, mais ayant de chaque côté une rangée de cubes de moins que la couche extrême du cube primitif. Cette lame contiendra par conséquent 49 cubes, 7 de chaque côté, de manière que sa base inférieure *o n f g* (fig. 7), s'appliquera exactement sur le carré marqué des mêmes lettres (fig. 6).

Sur cette lame posons-en encore une seconde *l m p u*, (fig. 8) du nombre de 25 cubes seulement, elle se placera exactement sur le carré indiqué par les mêmes lettres (fig. 6).

Sur cette seconde lame mettons-en une troisième *v x y z* (fig. 9), consistant seulement en 9 cubes, de manière que sa base posera sur les lettres *r x y z*, de la face *ABCD* du grand

cube *ABFG*, fig. 6. Enfin sur le milieu carré *r* plaçons le petit cube *r* (fig. 10), représentant la dernière lame.

Il est évident qu'en procédant ainsi on a formé sur la face *ABCD* (fig. 6), une pyramide quadrangulaire, dont la base est cette face et dont le sommet est le cube *r* (fig. 10). En continuant d'opérer de même sur les cinq autres faces du cube, on produira autant de pyramides semblables qui envelopperont le cube de chaque côté.

On voit aisément cependant que les faces de ces pyramides ne formeront pas des plans continus, mais qu'en raison de la diminution graduelle des lames des cubes dont elles se composent, ces faces ressembleront en quelque sorte à des marches d'escalier; et comme on peut supposer que les cubes dont le noyau est formé sont excessivement petits et presqu'imperceptibles, ces pyramides devront se composer d'un très-grand nombre de lames, et par conséquent les cannelures que formeront ces lames seront à peine sensibles. Actuellement *DCBE*, (fig. 11) étant la pyramide qui repose sur la face *ABCD* du cube *ABFG*, (fig. 6), et *CBOG*, (fig. 11), étant la pyramide appliquée sur la face contigue *BCGH* du cube *ABFC*, (fig. 6), si l'on considère que le décroissement des lames qui

composent les pyramides, et auxquelles Haüy donne le nom de *lames de superposition*, s'opère d'une manière uniforme de *E* en *O* dans *DCBE* (fig. 11.), on concevra facilement que la face *CEB* de la première pyramide doit se trouver exactement dans le même plan avec la face *COB* de la pyramide adjacente; et que, par conséquent, les deux faces ensemble formeront un rhombe *ECOB*. Mais toutes les faces des six pyramides donnant ensemble 24 triangles semblables à *CEB*, elles produiront 12 rhombes, et la figure de tout le cristal sera un dodécaèdre.

On voit donc ainsi qu'un corps qui a le cube pour forme primitive de ses cristaux, peut avoir pour sa forme secondaire un dodécaèdre. Bergman est le premier qui ait eu l'idée de la manière dont se produit la formation des cristaux secondaires, et qui la considéra comme résultant d'une superposition de lames continuellement décroissantes en étendue. Mais Haüy a poussé beaucoup plus loin ses recherches à ce sujet : non-seulement il est parvenu à reconnoître toutes les lois de décroissemens que suivent ces lames, mais encore il a trouvé et indiqué le moyen de calculer toute la variété possible de formes secondaires pouvant résulter d'une forme primitive connue;

et par conséquent de s'assurer si un cristal quelconque peut être ou non la forme secondaire d'une espèce donnée.

Les décroissemens des lames qui servent d'enveloppe au noyau primitif dans les cristaux secondaires sont de quatre sortes.

1. *Décroissemens sur les bords*; c'est-à-dire, sur les bords des tranches qui correspondent aux bords du noyau primitif.

2. *Décroissemens sur les angles*; ou ceux, dont l'action s'exerce parallèlement aux diagonales des faces du noyau primitif.

3. *Décroissemens intermédiaires*; qui ont lieu parallèlement aux lignes situées obliquement entre les diagonales et les bords des faces du noyau primitif.

4. *Décroissemens mixtes*. Ce sont ceux dans lesquels les tranches n'ont pas seulement l'épaisseur d'une molécule intégrante, mais celle de deux ou d'un plus grand nombre de ces molécules; et le décroissement, soit qu'il s'effectue parallèlement aux bords ou aux angles, consiste toujours dans la soustraction de plus d'une rangée de molécules. Haüy exprime ces décroissemens par des fractions, dont le numérateur indique le nombre de rangées des molécules qui constitue le décroissement, et dont le dénominateur représente l'épaisseur des lames. Ainsi,

par l'expression 0.02 on désigneroit des lames de l'épaisseur de cent molécules intégrantes décroissant par deux rangées de molécules.

[1. *Décroissemens sur les bords.*] Nous avons déja donné un exemple de cette première loi de décroissement dans la conversion du noyau cubique en un dodécaèdre rhomboïdal. Dans ce cas, le décroissement se fait par une rangée de molécules, et a lieu sur tous les bords; mais ces décroissemens peuvent être plus rapides et, au lieu d'une, se faire par deux, trois, quatre, ou un plus grand nombre de rangées. De même aussi, il peut arriver qu'ils n'aient pas lieu sur tous les bords, et qu'ils ne s'opèrent que sur un ou deux seulement, tous les autres n'éprouvant aucun changement. Chacune de ces modifications diverses devra produire un cristal secondaire différent; mais en outre la superposition des lames peut cesser d'avoir lieu avant qu'elles soient parvenues à leur plus petite étendue possible, et il en résultera nécessairement une forme secondaire différente. C'est ainsi que dans l'exemple présenté ci-dessus, si la superposition des lames se fût arrêtée avant que la formation des pyramides eût été complète, le cristal se seroit trouvé consister en 18 faces, dont 6 carrés parallèles aux faces du noyau primitif, et 12

hexaèdres parallèles aux faces du dodécaèdre secondaire. Cette figure est celle du borate de magnésie trouvé à Lunebourg.

[2. *Décroissemens sur les angles.*] Cette seconde loi de décroissement, suivant laquelle il s'opère sur les angles ou parallèlement aux diagonales des faces du noyau primitif, se concevra mieux au moyen de l'exemple suivant.

Supposons qu'on propose de construire autour du cube *ABGF*, (fig. 12) considéré comme noyau, un solide secondaire dans lequel les lames de superposition décroîtront sur toutes les faces par une seule rangée de cubes, mais dans une direction parallèle aux diagonales. Soit *ABCD*, (fig. 13). la base supérieure du noyau divisée en quatre-vingt-un carrés représentant les faces des petits cubes dont il se compose. La figure 14 représente la surface supérieure de la première lame de superposition qui doit être placée au-dessus de *ABCD* de manière que les points *a'*, *b'*, *c'*, *d'* de cette surface (fig. 14) répondront à ceux *a*, *b*, *c*, *d* de la figure *ABCD*. Par cette disposition les carrés *Aa*, *Bb*, *Cc*, *Dd*, (fig. 13) qui composent les quatre rangées extrêmes des carrés parallèles aux diagonales *AC*, *BD*, restent sans être couverts. Il est évident aussi que les rebords *QV*, *ON*, *IL*, *FG* (fig. 14),

se projettent d'un rang au-delà des rebords *AB*, *AD*, *CD*, *BC* (fig. 13), ce qui est nécessaire pour que le noyau soit enveloppé vers ces mêmes bords; car s'il n'en étoit pas ainsi, il se formeroit des angles rentrans vers les parties *AB*, *BC*, *CD*, *DA*, du cristal; et de tels angles paroissent exclus par les lois qui déterminent la formation des cristaux simples, ou du moins on n'on remarque jamais de semblables dans aucun cristal. Le solide doit alors s'accroître dans celles des parties auxquelles le décroissement ne s'étend pas; mais comme ce décroissement suffit seul pour déterminer la forme du cristal secondaire, on peut faire abstraction de toutes les autres variations qui n'interviennent que subsidiairement, excepté lorsqu'on veut, comme dans le cas dont il s'agit, construire artificiellement un solide représentatif d'un cristal, et présenter tous les détails relatifs à sa structure. La face supérieure de la seconde lame sera semblable à $A' G' L' K'$, (fig. 15), et devra être placée au-dessus de celle précédente de manière que les points a'', b'', c'', d'', correspondent aux points a', b', c', d', de la figure 14 de la première lame, ce qui laissera à découvert une seconde rangée de cubes à chaque angle, parallèlement aux diagonales *AC* et *BD*. Le solide s'accroît encore vers les

côtés ; les grandes faces des lames de superposition, qui dans la figure 14 étoient des octogones, parviennent dans la figure 15 à être des carrés ; et lorsqu'elles ont dépassé ce terme, elles décroissent de tous les côtés, en sorte que la lame suivante a pour sa face supérieure le carré *B'M'L'S'* (fig. 16) moindre d'une rangée dans tous les sens que la lame précédente (fig. 15). Ce carré doit être placé de manière que les point *e'*, *f'*, *g'*, *h'*, (fig. 16) correspondent à ceux *e*, *f*, *g*, *h* (fig. 15).

Les figures 17, 18, 19 et 20 représentent les quatre lames qui doivent s'élever successivement au-dessus de la précédente, dont la superposition est indiquée par les lettres correspondantes, comme dans les exemples ci-dessus. La dernière lame *Z'*, (fig. 21) sera un simple cube, qui doit être placé sur le carré *Z*, (fig. 20).

Les lames de superposition ainsi appliquées sur la base *ABCD* (fig. 13), produisent évidemment quatre faces qui correspondent aux points *A*, *B*, *C*, *D*, et forment une pyramide. Ces faces ayant été produites par des lames qui commencent par augmenter, et vont ensuite en diminuant, elles devront être les quadrilatères de la figure 12 dans lesquelles l'angle inférieur *C* se confond avec l'angle *C* du noyau (fig. 12 et 13), et la diagonale *LQ*,

représente le bord $L' G'$ de la lame $A' G' L' K'$ (fig. 15); et comme le nombre des lames de superposition qui composent le triangle $L Q C$ (fig. 22), est beaucoup moindre que celui des lames formant le triangle ZLQ, il est évident que celui-ci aura beaucoup plus de hauteur que l'autre.

Il en résulte donc alors que la surface du cristal secondaire ainsi produit, consistera dans vingt-quatre quadrilatères (car il s'élevera exactement de la même manière des pyramides sur les cinq autres côtés du cube primaire), disposés trois à trois autour de chaque angle solide du noyau. Mais à raison du décroissement par une simple rangée, les trois quadrilatères qui appartiennent à chaque angle solide, tel que G, (fig. 12) se trouveront dans le même plan et formeront le triangle ZIN, (fig. 23). Ainsi les vingt-quatre quadrilatères produiront huit triangles équilatéraux, et par conséquent le solide secondaire sera un octaèdre régulier. Telle est la structure du sulfate octaèdre de plomb et du muriate de soude.

[*Troisième et quatrième décroissemens.*] Les décroissemens de la troisième loi ont lieu par la soustraction de rangées de molécules doubles, triples, etc. La figure 24 en offre un exemple. On y voit que les molécules qui

composent la rangée qu'elle représente sont assorties entre elles, comme si de deux rangées il ne s'en formoit qu'une seule ; de sorte qu'il ne faut que concevoir le cristal composé de parallélipipèdes ayant leurs bases égales aux petits rectangles *a b c d*, *e d f g*, *h g i l*, etc., pour ramener ce cas à celui des décroissemens ordinaires sur les angles.

Cette espèce particulière de décroissement existe rarement ; il en est de même de celui qui se fait suivant la quatrième loi, et qui n'exige pas d'autres explications. Haüy ne les a en effet reconnus que dans quelques cristaux métalliques.

Au moyen de ces diverses lois de décroissement, on explique la formation des cristaux secondaires de toutes les figures différentes ; mais pour se faire une idée du nombre immense de formes secondaires qui peuvent en résulter, il est nécessaire de considérer les modifications diverses dont ces décroissemens sont susceptibles, selon qu'ils ont lieu séparément ou ensemble. On peut réduire à sept toutes ces modifications.

[*Modifications dont ces décroissemens sont susceptibles.*] 1. Les décroissemens peuvent se faire sur tous les bords ou sur tous les angles à la fois.

Digitized by Google

2. Quelquefois ils n'ont lieu que sur certains bords ou sur certains angles.

3. Tantôt ils s'effectuent d'une manière uniforme et suivant une seule loi par une, deux ou un plus grand nombre de rangées.

4. Dans d'autres circonstances la loi varie d'un bord à l'autre, ou d'un angle à l'autre.

5. Il arrive quelquefois que les décroissemens sur les bords concourent avec les décroissemens sur les angles.

6. Il peut se faire aussi que le même bord ou le même angle se trouve successivement assujéti à différentes lois de décroissement.

7. Enfin, on voit souvent le cristal secondaire conserver des faces parallèles à celles du noyau primitif par la superposition de lames qui ne s'étendent pas au-delà d'une certaine limite.

C'est par cette considération des modifications dans les décroissemens, que M. Haüy se détermina à distinguer les formes secondaires en *simples* et en *composées*. Les cristaux secondaires simples sont ceux qui résultent d'une loi unique de décroissement, et dans lesquels le noyau primitif se trouve entièrement masqué. Les cristaux secondaires composés sont le produit de plusieurs lois de décroissement, agissant à la fois, ou d'une seule loi qui n'a

pas atteint sa limite, et qui par conséquent a laissé dans le cristal secondaire des faces parallèles à celles du noyau primitif.

« Si en admettant, dit M. Haüy, cette diversité de lois tantôt isolées, tantôt réunies par des combinaisons plus ou moins compliquées, le nombre des rangées soustraites étoit lui-même extrêmement variable; si, par exemple, ces décroissemens se faisoient par douze, vingt, trente, quarante rangées, ou davantage, comme cela seroit absolument possible, la multitude des formes qui pourroient exister dans chaque espèce de minéral seroit immense et au-delà de tout ce qu'on peut imaginer. Mais la force qui produit les soustractions paroît avoir une action très-limitée. Elles se font le plus souvent par une ou deux rangées de molécules, je n'en ai point trouvé qui excédassent quatre rangées, si ce n'est dans une variété de spath calcaire de la collection de Gillet-Laumont, et dont la structure résulte d'un décroissement par six rangées; de sorte que s'il existe des lois qui excèdent les décroissemens par quatre rangées, on peut croire qu'elles ont très-rarement lieu dans la nature; et cependant, quelque resserrées que soient les limites dans lesquelles les lois de la cristallisation sont circonscrites, j'ai trouvé,

en me bornant aux deux lois les plus simples, c'est-à-dire, à celles qui produisent les soustractions par une ou deux rangées, que le spath calcaire est susceptible de deux mille quarante-quatre formes différentes, nombre qui excède de plus de cinquante fois celui des formes déja connues; et en admettant dans la combinaison les décroissemens par trois et quatre rangées, le calcul donnera huit millions trois cent quatre-vingt-huit mille six cent quatre formes possibles, relativement à la même substance. Ce nombre peut être beaucoup plus considérable encore en conséquence des décroissemens, soit mixtes, soit intermédiaires. »

« Les stries que l'on remarque sur la surface d'une multitude de cristaux fournissent une preuve nouvelle à l'appui de la théorie, en ce qu'elles ont toujours des directions parallèles aux rebords des lames de superposition qui se dépassent mutuellement, à moins qu'elles ne proviennent de quelque défaut particulier de régularité. Cependant, les inégalités qui résultent des décroissemens ne seroient pas toujours sensibles, si, toujours, la forme des cristaux avoit le fini dont elle est susceptible; car à raison de la petitesse extrême des molécules, la surface paroîtroit d'un beau

poli, et les stries échapperoient à nos sens. Aussi ne les apperçoit-on pas du tout sur certains cristaux secondaires, tandis qu'elles sont très-visibles sur d'autres cristaux de la même nature et de la même forme. Dans ce dernier cas, l'action des causes qui opèrent la cristallisation n'ayant pas joui pleinement de toutes les conditions nécessaires pour rendre parfaite cette opération si délicate de la nature, il y a eu des écarts et des interruptions dans leur marche, de manière que la loi de continuité n'ayant pas été exactement observée, il est resté sur la surface du cristal des vides sensibles à la vue. Ces petites déviations ont cet avantage qu'elles indiquent la direction suivant laquelle les stries sont alignées sur les formes parfaites où nos organes ne peuvent les saisir, et elles contribuent ainsi à nous dévoiler le véritable mécanisme de la structure. »

« Les petits vides que les bords des lames de superposition laissent sur la surface des cristaux secondaires même les plus parfaits, par leurs angles rentrans et saillans, fournissent une solution satisfaisante de la difficulté dont je viens de parler, et qui consiste en ce que les fragmens obtenus par la division, dont les facettes extérieures font partie des faces du cristal secondaire, ne sont point semblables

à ceux que l'on retire de l'intérieur ; car cette diversité qui n'est qu'apparente provient de ce que les facettes dont il s'agit, sont composées d'une multitude de petits plans réellement inclinés entre eux , mais qui , à raison de leur petitesse , présentent l'aspect d'un plan unique ; en sorte , que si la division étoit poussée jusqu'à sa limite, tous ces fragmens se résoudroient en molécules semblables entre elles et à celles situées vers le centre. »

« La fécondité des lois d'où dépendent les variations des formes cristallines , ne se borne pas à produire une multitude de formes très-différentes avec les mêmes molécules. Il arrive souvent aussi que des molécules de figures différentes s'arrangent de manière qu'il en résulte des polyèdres semblables dans différentes espèces de minéraux. Ainsi le dodécaèdre à plans rhombes que nous obtenons en combinant les molécules cubiques, existe dans le grenat avec une structure composée de petits tétraèdres à faces triangulaires isocèles , et je l'ai retrouvé dans le spath fluor *(fluate de chaux)*, où il est aussi un assemblage de tétraèdres , mais de tétraèdres réguliers ; c'est-à-dire , dont les faces sont des triangles équilatéraux. Il y a plus , il est possible que des molécules similaires produisent la même forme cristalline

par des lois différentes de décroissemens. Enfin le calcul m'a amené à un autre résultat qui me semble plus remarquable encore, c'est qu'en vertu d'une loi simple de décroissement, il peut exister un cristal qui auroit à l'extérieur une ressemblance parfaite avec le noyau, c'est-à-dire avec un solide qui ne résulte d'aucune loi de décroissement (1). »

Tel est l'exposé général de la théorie de Haüy sur la cristallisation. Elle a déja donné lieu à plusieurs découvertes utiles en minéralogie, et on peut en attendre de plus importantes encore par la suite. Son évidence résulte de la facilité qu'elle offre pour donner l'explication complète des phénomènes et de la coïncidence exacte dans chaque cas entre le fait réel et le résultat du calcul ; mais comme il n'a pu être démontré que les formes secondaires sont en effet cristallisées suivant la théorie, il ne faut la considérer que comme une hypothèse mathématique ; hypothèse cependant d'une très-grande importance, parce qu'elle sert à lier ensemble un nombre immense de faits qui, autrement, resteroient isolés ; qu'elle nous donne les moyens d'assujétir toutes les formes de cristaux au calcul,

(1) Ann. de chim. XVII. 225.

et qu'enfin il est, par elle, en notre pouvoir de reconnoître avec la plus grande certitude la nature d'un corps par un examen attentif de la figure de ses cristaux. Considérons les hypothèses de ce genre comme des fils qui nous guident dans le labyrinthe de l'erreur, que, sans eux, nous n'aurions pu traverser, et qui nous conduisent, après un voyage pénible, au sentier de l'évidence et de la vérité.

Section III.

De la combinaison des solides entre eux.

1. On a formé la table qui suit de l'énumération des principaux solides rangés dans l'ordre de leur composition.

I. Indécomposés.

Soufre.	Métaux.
Phosphore.	Alcalis fixes.
Carbone.	Terres.

II. Composés.

1. Oxide de soufre.
—— Phosphore.
—— Charbon.

—— Oxides métalliques.
2. Sulfures de métaux.
—— Alcalis fixes.
—— Terres.
3. Phosphures de carbone.
—— Métaux.
—— Terres.
4. Carbures de fer.
5. Alliages.
6. Acides solides.
7. Terres avec terres.
—— Oxides métalliques.
—— Alcalis fixes.
8. Sels et hydrosulfures.
—— Oxides métalliques avec alcalis.
9. Bitumes, huiles solides, tannin.
10. Savons.
11. La plupart des substances végétales.
12. Beaucoup de substances animales.

Le nombre des solides est très-grand. Il s'éleveroit, sans doute, à plusieurs milliers, s'il étoit possible d'en reconnoître tous les individus.

[*Pesanteur spécifique.*] 2. La pesanteur spécifique de ces corps est beaucoup plus variable que celle soit des liquides soit des fluides élastiques, ainsi qu'on peut le voir dans la table ci-jointe, qui les présente dans l'ordre de leur densité.

	Pesanteur spécifique.
Charbons, de.	0.223 à 1.526
Substances végétales, de.	0.240 à 1.354
Sels, de	0.273 à 7.176
Terres, de	0.346 à 4.842
Acides solides, de.	0.667 à 3.391
Terres avec terres, de.	0.680 à 4.815
Bitumes et huiles solides, de. . .	0.892 à 1.357
Alcalis fixes, de.	1.336 à 1.708
Phosphore.	1.770
Carbures de fer, de.	1 987 à 7.840
Soufre	1.990
Terres avec alcalis, de.	2.[illegible]32 à 3.329
Carbone, de.	3.518 à 3.531
Sulfures métalliques, de.	3.225 à 10.000
Métaux et alliages, de	5.900 à 23.000

La pesanteur spécifique du platine écroui, le plus pesant de tous les corps, est environ cent fois plus considérable que celle du liége ordinaire, qui est un des corps les plus légers.

3. Les corps solides, considérés sous le rapport de leur faculté de combinaison les uns avec les autres, peuvent être divisés en trois classes ; savoir, ceux qui sont susceptibles de s'unir entre eux en toute proportion quelconque ; ceux qui ne forment cette union que dans de certaines proportions déterminées ; enfin ceux qu'il est absolument impossible, par quelque moyen que ce soit, de faire combiner

entre eux. Nous allons examiner séparément l'action de chacune de ces classes de corps.

[*Solides qui s'unissent entre eux en toute proportion.*] 1. L'action des solides les uns sur les autres n'étant pas encore parfaitement connue, ce sujet ne peut être traité dans toute son étendue. Nous nous bornerons à présenter dans la table qui suit ceux de ces corps qu'on a, jusqu'à présent, reconnus capables de s'unir entre eux en toute proportion.

1. Soufre avec phosphore.
2. Carbone avec fer.
3. Métaux avec la plupart des métaux.
4. Protoxide d'antimoine, avec sulfure d'antimoine.
5. Terres avec terres.
6. Terres avec quelques oxides métalliques.
7. Quelques terres avec alcalis fixes.
8. Alcalis fixes avec huiles solides.
9. Huiles solides entre elles et avec bitumes.

Tous les produits résultant de ces combinaisons mutuelles sont solides, excepté ceux formés par l'union du soufre et du phosphore, qui, lorsque cette combinaison a lieu dans de certaines proportions, sont liquides.

2. Autant qu'on a pu s'en assurer jusqu'à présent, aucun des solides compris dans l'énumération ci-dessus ne se combine spon-

tanément lors même qu'ils sont mis en contact. La cohésion de leurs molécules présente une force de résistance que leur affinité les uns pour les autres ne peut vaincre. Le moyen qu'on emploie ordinairement pour opérer ces combinaisons, est de mêler ensemble en proportions convenables, les deux substances qu'on veut unir, et de leur appliquer alors un degré de chaleur capable de mettre l'une d'elles, ou l'une et l'autre, à l'état de fusion. On rend ainsi ces corps susceptibles d'agir l'un sur l'autre de la même manière que les liquides, et, par conséquent, on peut donner la même explication de leurs combinaisons. Ces combinaisons étant évidemment de la nature de celles qu'on a désignées par le nom de dissolutions, elles ne doivent pas différer beaucoup dans leurs propriétés de leurs parties constituantes, excepté les composés de carbone et de fer, et les combinaisons de quelques terres entre elles qu'il seroit possible de considérer comme appartenant à la classe des solides qui ne se combinent que dans de certaines proportions.

3. L'effet de la combinaison est, pour l'ordinaire, un changement de densité. C'est dans les alliages métalliques qu'il est le plus sensible, la densité de la plupart de ces alliages

étant ou au-dessus ou au-dessous de celle moyenne des métaux avant leur union.

[*Solides qui ne s'unissent que dans de certaines proportions.*] 2. Ceux des solides que d'après les observations faites jusqu'à présent on a reconnus susceptibles de ne s'unir entre eux que dans des proportions déterminées, sont les suivans, savoir :

Soufre avec	métaux.
	quelques oxides métalliques.
	les terres.
	le carbone.
	les alcalis fixes.
Phosphore avec.....	carbone.
	métaux.
	quelques terres.
Acides avec	alcalis.
	terres.
	oxides métalliques, etc.

Ces combinaisons sont plus intimes que les précédentes. Elles ont été plus particulièrement examinées, et sont mieux connues.

[*Il faut que l'un des corps soit fluide.*] 1. De tous ces corps on n'a reconnu jusqu'à présent comme susceptibles d'action entre eux lorsqu'ils continuent d'être à l'état solide, que le soufre et les hydrates d'alcalis fixes, quelques acides et un petit nombre d'hydrates

d'oxides métalliques, et peut-être quelques-uns des acides et les hydrates d'alcalis fixes. Hors ces cas, on peut établir comme loi générale que dans toute combinaison des solides entre eux, il faut au moins qu'à l'égard de l'un des deux corps qui s'unissent, la force de cohésion soit détruite ou diminuée de manière à le réduire à l'état liquide. Or ces solides peuvent y être mis par deux moyens. Le premier est celui de la fusion par le feu. C'est ainsi qu'on rend le soufre susceptible de se combiner avec les métaux, les terres, les alcalis fixes, et que le phosphore devient capable de s'unir avec les métaux. Quelquefois l'affinité est si foible, qu'il est nécessaire de mettre d'abord un des constituans à l'état de vapeur. Ainsi le phosphore ne se combine avec la chaux, la barite, la strontiane qu'à une chaleur rouge. Le second moyen de combinaison de ces solides est celui de leur dissolution dans l'eau ou dans quelqu'autre menstrue liquide. C'est ainsi que les acides se combinent avec les alcalis, les terres et les oxides métalliques, et qu'on peut opérer l'union du soufre et du phosphore avec les métaux.

2. Comme alors l'union de ces corps entre eux se rapporte entièrement à celle des liquides avec les solides, il seroit inutile,

d'après ce que nous avons déja dit, d'entrer dans aucun autre détail plus particulier, relativement à la théorie de la combinaison. Ce qui importe le plus à considérer, ce sont les *proportions* suivant lesquelles ces corps s'unissent, et le changement de densité qu'ils éprouvent.

[*Soufre avec les métaux.*] 3. Quoique les combinaisons du soufre avec les métaux aient été examinées avec une attention particulière, il est cependant beaucoup de faits qui s'y rapportent, qui ont besoin d'être éclaircis. Berthollet est encore d'avis que le soufre est capable de s'unir indéfiniment aux métaux, et il a cité un grand nombre d'exemples de sulfures natifs de plomb, de cuivre et de fer, analysés par les chimistes qui opèrent avec le plus d'exactitude, dans lesquels la proportion du soufre varioit indéfiniment (1). Il est très-probable que le soufre peut se combiner en différentes doses avec la plupart des métaux; mais nous ne sommes pas en droit de conclure des expériences faites jusqu'à présent sur l'union artificielle de ces corps, qu'elle n'a pas de limites : car en fondant ensemble du soufre et un métal, on obtient toujours les

(1) Jour. de phys. IX. 349.

deux corps combinés dans des proportions déterminées. En faisant ici application de l'hypothèse de Dalton, et en comparant l'analyse des sulfures métalliques artificiels au poids d'un atôme de soufre et de chaque métal individuellement, il paroitroit que la combinaison la plus intime consiste dans un atôme du métal uni à un atôme de soufre; que le plus souvent, et probablement même dans tous les cas, deux atômes de soufre s'unissent à un atôme du métal; et que les différens sulfures sont capables de se dissoudre l'un l'autre, et de former une sorte d'alliage. C'est à cette combinaison que doit être principalement attribuée la variété de composition des sulfures natifs.

On pourra, au moyen de la table qui suit, comparer les résultats de l'analyse avec ceux du calcul établi sur la supposition que les métaux et le soufre s'unissent atôme à atôme; que la densité d'un atôme de soufre est 15; et que celle d'un atôme des métaux respectifs est telle qu'elle est indiquée dans la première colonne de la table. La seconde colonne indique le poids, par le calcul, du soufre uni à cent parties du métal; la troisième donne ce poids d'après l'analyse.

MÉTAUX.	DENSITÉ d'un atôme métallique.	POIDS DU SOUFRE COMBINÉ Par calcul.	Par expérience.
Argent.....	93.7	16	17.6
Bismuth....	93.7	16	17.5
Arsenic.....	54.5	25.6	25
Cuivre.....	48.0	31	de 14 à 30
Mercure....	120.0	12.5	17.6
Etain......	48.0	31	17.6
Plomb......	150.0	10	de 12 à 25
Antimoine..	80.0	18.7	33.3
Fer........	32.4	46	de 60 à 112
Molybdène..	37.5	40	66

Pour les trois premiers sulfures, les résultats de l'analyse se trouvent être assez bien d'accord avec le calcul; mais tous les autres diffèrent de beaucoup entre eux.

4. Tous les sulfures métalliques sont dans un état plus rare que n'est celui moyen des substances dont ils se composent et à l'égard desquelles par conséquent il y a eu expansion

pendant leur combinaison. Dans la plupart des cas cette expansion est considérable comme on pourra le voir dans la table suivante. La première colonne indique la densité réelle des composés ; la seconde, la densité moyenne calculée d'après la supposition qu'il ne se produit aucun changement de volume par la combinaison.

SULFURES	DENSITÉ	
	Réelle.	Calculée.
D'argent	7.2	9.22
De mercure.	10	11.83
De fer, premier	4.518	5.62
De fer, second	4.830	4.73
De plomb.	7	10.06
De bismuth.	6.131	8.65
D'antimoine.	4.368	5.53
D'arsenic, premier . . .	3.225	7.05
D'arsenic, second . . .	3.315	
De molybdène.	4.73	5.97

Dans quelques-uns de ces exemples l'expansion s'élève au-delà des 0.20 du tout. Les pyrites offrent le seul cas connu d'une combinaison du soufre et d'un métal dont la pesanteur spécifique excède celle moyenne des substances combinées.

5. Les autres composés que forme le soufre avec les corps solides, n'ont pas été assez examinés pour donner lieu à de plus amples observations. On ne connoît non plus rien de précis relativement aux combinaisons du phosphore et des corps solides.

6. Il n'en est pas de même à l'égard des acides. Les composés qu'ils forment avec les alcalis, les terres et les oxides métalliques ont été examinés avec beaucoup d'attention, et c'est des connoissances acquises sur leur nature que sont dérivées la plupart des opinions émises par les chimistes concernant l'affinité. La grande facilité de formation de ces composés, la différence frappante qui existe entre leurs propriétés et celles de leurs parties constituantes, et les belles formes que beauoup d'entre eux sont susceptibles de prendre, furent autant de circonstances qui excitèrent l'intérêt général des chimistes.

[*Explication de la neutralisation.*] 7. Si on verse lentement et par petites portions à

Digitized by Google

la fois de la dissolution de soude dans une quantité donnée d'acide sulfurique étendu d'eau, et qu'on examine le mélange après chaque addition, on trouvera qu'il manifeste pendant très-longtems les propriétés d'un acide en conservant celle de rougir les couleurs bleues végétales et en continuant d'avoir une saveur sure sensible; mais ces propriétés acides diminuent graduellement après chaque dose ajoutée de la dissolution alcaline, et à la fin elles disparoissent entièrement. Si on continue de verser de la dissolution de soude dans le mélange, il acquiert peu-à-peu les propriétés alcalines; il verdit les couleurs bleues végétales, sa saveur devient urineuse, et ces propriétés se manifestent d'une manière d'autant plus prononcée que la quantité de soude ajoutée est plus considérable. Il paroît donc qu'en mêlant ensemble de l'acide sulfurique et de la soude, les propriétés de l'une et de l'autre de ces substances prédominent suivant les proportions de chacune d'elles dans le mélange; mais que dans ces proportions il est certaine limite au-delà de laquelle les propriétés des substances combinées se trouvent être réciproquement détruites ou déguisées de manière que celles ni de l'une ni de l'autre ne prédominent, ou plutôt que celles de l'une et de l'autre disparoissent.

Lorsque cet effet sur les propriétés mutuelles de deux substances a lieu, on considère ces substances comme se *neutralisant* réciproquement. Cette propriété est commune à un grand nombre de corps; mais c'est dans les acides, les alcalis et les terres qu'elle se manifeste le plus fortement, et ce fut dans ces substances qu'on l'observa pour la première fois. C'est par cette raison que les sels, qui sont les combinaisons que forment ces différens corps, ont été depuis longtems désignés par la qualification de *sels neutres*. Lorsque des corps sont combinés dans la proportion qui produit la neutralisation, on les dit souvent *saturés*; mais cette expression est impropre. Il seroit beaucoup plus convenable de restreindre la signification du terme *saturation* à celle que nous lui avons assignée dans une précédente section, et de se servir de celui *neutralisation* pour indiquer l'état d'un mélange dans lequel les propriétés particulières des parties constituantes disparoissent réciproquement; car il arrive fréquemment qu'il n'y a aucune coïncidence entre la neutralisation et la saturation. Ainsi, par exemple, dans le *tartrate de potasse*, l'acide et l'alcali se neutralisent l'un l'autre, et cependant on ne peut pas dire que la potasse soit saturée; car elle peut encore se combiner avec une plus grande

proportion d'acide tartarique, et former ainsi un sur-tartrate de potasse, composé dans lequel les parties constituantes ne se neutralisent pas réciproquement, puisque les propriétés de l'acide y prédominent sensiblement.

8. Il résulte évidemment de ce qui vient d'être dit, qu'il faut toujours la même quantité d'acide ou d'alcali pour neutraliser une quantité donnée en poids d'alcali ou d'acide, et que par conséquent la proportion suivant laquelle ces corps s'unissent pour former les sels neutres est fixe et déterminée. L'union des acides et des bases alcalines peut bien avoir lieu dans des proportions diverses; mais la combinaison neutre doit être constante comme elle doit être également la plus intime. On peut par conséquent supposer qu'alors l'acide et la base s'unissent atôme à atôme, et trouver, en leur appliquant l'hypothèse de Dalton, la densité relative des parties constituantes de ceux des sels neutres qui ont été analysés. Ce seroit un moyen bien important d'ajouter un grand degré de confiance à cette hypothèse, et l'objet de ces recherches mérite quelqu'attention.

En donnant précédemment la description des sels, j'ai présenté les analyses diverses qui en avoient été publiées, et en faisant choix de chaque analyse particulière qui me paroissoit

être la plus exacte, j'en ai formé une table placée à la fin de chaque genre. C'est dans ces tables qu'il nous faut puiser des exemples. J'y prendrai les sulfates, nitrates, muriates, carbonates et les sulfites comme étant les genres qui ont été analysés avec le plus grand soin, pour en composer la table suivante présentant le poids de chaque base unie à 100 parties d'acide, dans ceux des sels neutres les plus remarquables de ces genres.

BASES.	SULFATES.	NITRATES.	MURIATES.	CARBONATES.	SULFITES.
Barite........	222.6	178.12	314.5	334.5	151
Strontiane	138	116.86	216.2	231	»
Potasse.......	130	117.7	185.7	95.3	125
Soude........	78.32	73.43	114	97.4	58
Chaux........	76.7	55.70	118.3	122	97.9
Magnésie.....	57.92	47.64	89.8	50	41
Ammoniaque..	26.05	40.38	53	33.9	48.3

En supposant les analyses rigoureusement

exactes, les nombres dans chaque colonne doivent donner la densité respective des bases, celle d'un atôme d'acide étant 100, et l'union de l'acide et de la base s'effectuant atôme à atôme; mais la densité d'un atôme de tous les acides appartenant à ces genres, a été déterminée dans le chapitre précédent, ainsi qu'il suit, savoir :

Densité des acides.

Acides	sulfurique	27
	nitrique	17
	muriatique	18 (1)
	carbonique	16.4
	Sulfureux	21

Si au nombre 100 employé dans la table ci-dessus de la composition des sels comme poids constant de l'acide, on substitue celui de la densité supposée d'un atôme de chacun des acides, et qu'on calcule alors le poids de la base avec laquelle il est combiné, on aura la table suivante.

(1) Dans un chapitre précédent, on avoit choisi le nombre 9 comme celui représentant la densité de cet acide. Le choix étoit arbitraire, l'indication étant 9 ou quelque multiple de 9. Ici j'ai pris 2 x 9, parce que c'est ce qui s'accorde le mieux avec les sels.

BASES.	SULFATES.	NITRATES.	MURIATES.	CARBONATES.	SULFITES.
Barite........	60	30	56.6	60.5	31.7
Strontiane....	37.2	19.8	30	38	»
Potasse.......	35.1	20	33	16.2	26
Soude........	21.2	12.5	20.4	16.5	12
Chaux........	20.7	9.5	21.3	20.7	20.5
Magnésie.....	16	8.1	16	8.5	8.6
Ammoniaque..	7	6.8	6	5.7	10

Ces nombres doivent représenter la densité des bases respectives, et être les mêmes dans chaque colonne, l'acide et la base étant unis atôme à atôme. A l'inspection de la table on reconnoît une coïncidence frappante entre les nombres placés dans les colonnes des *sulfates* et *muriates*, et entre plusieurs nombres de la colonne des *carbonates*. Mais ceux des colonnes des nitrates et des sulfites ne se trouvent point d'accord avec le reste. Les nombres placés dans la colonne des nitrates approchent de la moitié

de ceux des colonnes des sulfates et muriates, ce qui indique que dans ces sels il y a union de deux atômes d'acide avec un atôme de la base. Les sulfites présentent encore, à cet égard, plus d'irrégularité, mais ils semblent se rapporter aux nombres de la colonne des nitrates. Si l'on prend le terme moyen de toutes les colonnes, en multipliant la seconde et la cinquième par deux, et en laissant de côté les carbonates d'alcalis fixes qui ne s'accordent point avec les autres, on a la table qui suit qu'on peut considérer comme représentant la densité relative de chaque base, en supposant que la densité d'un atôme des acides est telle que l'indique la table précédente, et que celle d'un atôme d'hydrogène est égale à 1.

Densité des bases.

	Densité.
Barite	60
Strontiane	36
Potasse	33
Soude	21.4
Chaux	20.4
Magnésie	16
Ammoniaque	6

De tous les genres de sels, on peut considérer les sulfates comme un de ceux qui

ont été analysés avec le plus de précision. Or, la table précédente ne diffère que de très-peu des résultats que donne l'analyse directe des sulfates. Après ces sels, ce sont les muriates qu'on peut placer dans l'ordre de ceux qui sont le mieux connus, parce que la proportion de leur acide peut être déterminée avec presque autant d'exactitude que celle de l'acide sulfurique, et il est satisfaisant d'observer que l'analyse des muriates se rapproche de très-près de la densité indiquée dans la table. L'analyse des carbonates terreux est également susceptible d'une grande précision; mais il n'en est pas de même des carbonates alcalins, si on en excepte celui d'ammoniaque dont on peut connoître la composition par la proportion des gaz qui se combinent. Dans le genre des carbonates, il n'y a que ceux à base d'alcali fixe qui diffèrent beaucoup de la densité moyenne. Les nitrates sont ceux de tous ces genres de sels qui, par la nature de leur acide, sont les moins susceptibles d'une analyse exacte; et cependant il n'y a que les nitrates d'alcalis fixes qui s'éloignent, et seulement d'une manière peu considérable, du terme moyen, dans la supposition que deux atômes d'acide s'unissent à un atôme de base. Quant aux sulfites, ils n'ont été ana-

lysés que par Fourcroy et Vauquelin, ce sont ceux qui diffèrent le plus de la moyenne.

Au surplus, si on considère que les nombres représentant la densité des acides, résultoient dans l'hypothèse de Dalton, de données qui n'avoient aucun rapport avec la composition des sels, la coïncidence entre la table précédente des densités et le résultat de l'analyse devra paroître quelque chose de plus qu'une circonstance purement accidentelle et fournira une forte présomption en faveur de l'hypothèse de Dalton. Le nombre 6 qui indique la densité de l'ammoniaque, avoit été adopté dans le chapitre précédent pour exprimer la densité de ce gaz, d'après la considération de la proportion des parties constituantes de l'acide nitrique, du gaz nitreux et de l'ammoniaque.

Si ces considérations étoient de quelque poids, la table qui suit présenteroit la proportion des parties constituantes de tous les sels neutres formés par la combinaison des acides et des bases qu'ils contiennent.

Parties constituantes des sels neutres.

Acides.	Proportion.	Bases.	Proportion.
Sulfureux....	21 × 2 = 42	Barite	60
Nitrique.....	17 × 2 = 34	Strontiane.........	36
Sulfurique..........	27	Potasse	33
Phosphorique........	20	Soude	21.4
Muriatique..........	18	Chaux	20.4
Carbonique.........	16.4	Magnésie	16
Phosphoreux	14	Ammoniaque	6

Ces nombres représentent ou la densité d'un atôme de chacun des sels ou le double de cette densité. On concevra facilement sans doute que dans la table le nombre affecté à chaque acide représente la quantité en poids d'acide capable de saturer celle en poids de la base qui y est respectivement indiquée. Ainsi 42 parties en poids d'acide sulfureux saturent 60 parties de barite, et par conséquent le sulfate de barite est composé en poids de 42 d'acide et 60 de base. Le phosphate de chaux est composé de 20 acide et 20.4 de base, proportion qui s'accorde avec l'analyse d'Eckeberg et sert à la confirmer.

9. Lorsqu'on mêle ensemble les dissolutions de deux sels neutres, il s'opère souvent une décomposition ou partielle ou complète. Si,

par exemple, on mêle ensemble du muriate de barite et du sulfate de soude, l'acide sulfurique s'unit à la barite, et forme du sulfate de barite, tandis que l'acide muriatique se combine avec la soude. Or, dans tous ces cas de décomposition réciproque l'état de neutralisation n'est point altéré. Si les sels, avant le mélange, étoient neutres, les nouveaux sels formés le seront encore. On ne trouve dans la dissolution ni excès d'acide ni excès de base. Ce fait intéressant établi bien distinctement, pour la première fois par Richter, a été énoncé depuis par Guyton-Morveau (1), et exposé plus récemment encore par Berthollet, qui en a fait sentir toute l'importance et l'a confirmé par un grand nombre de ses propres expériences (2).

On déduit comme une conséquence de ce fait cette loi générale, que les acides et les alcalis suivent en se neutralisant réciproquement le même rapport. Ainsi, en supposant que les quantités de barite et de chaux nécessaires pour saturer un poids donné d'acide sulfurique, soient représentées par *A*

(1) Ann. de chim. XXV. 296. — Statique chimique. I. 134.

(2) Statique chimique. I. 117.

et *B*, les poids des mêmes bases qu'exigera la saturation de tout autre acide seront entre eux comme *A* et *B*; et si on indique par *M* et *N* les quantités de deux acides quelconques, tels que ceux sulfurique et muriatique qu'il faudra employer pour la saturation d'un poids connu de barite; alors les poids de ces mêmes acides nécessaires pour saturer toute autre base seront entre eux dans la proportion de *M* à *N*. Or, il est impossible que cela puisse être ainsi, à moins que l'union des acides et des bases ne s'opère, soit d'atôme à atôme, soit par un nombre déterminé des atômes de l'une de ces substances à un atôme de l'autre. Nous trouvons donc ici encore une preuve décisive que la théorie de Dalton est plus qu'une simple hypothèse, qu'elle mérite une attention particulière, et qu'elle peut être d'un très-grand secours pour la recherche des parties constituantes des corps solides.

10. Si les acides et les bases forment ordinairement des sels neutres en s'unissant ensemble atôme à atôme, il nous suffit de connoître la densité d'un atôme de chaque acide et de chaque base pour avoir la détermination exacte de la composition de tous les sels neutres. On trouve dans la table précédente la densité de sept bases; mais nous en

avons quatre de plus, savoir : *l'alumine*, *la glucine*, *l'yttria* et *la zircone*, dont il est difficile d'évaluer la densité d'après l'analyse des sels dont ils sont parties composantes, par la double raison que ces bases ne peuvent former qu'un petit nombre de sels neutres et que, jusqu'à présent, peu de ces sels ont été analysés.

[*Densité de l'alumine.*] Il a été fait deux analyses des sels d'alumine qui nous semblent mériter quelque confiance; celle de l'alun par Vauquelin, et celle du muriate d'alumine par Bucholz. Or, l'un et l'autre de ces sels étant des sur-sels, leur formation a dû nécessairement résulter de l'union de deux atômes d'acide à un atôme de base. L'alun est un sel triple. La moitié de l'acide qu'il contient doit être à l'état de combinaison avec la potasse. En calculant d'après ces considérations, on aura 9.05 pour la densité d'un atôme d'alumine du muriate d'alumine, et 9.25 pour celle d'un atôme de cette substance dans l'alun. On peut considérer le terme moyen 9.15 comme une approximation de la densité d'un atôme d'alumine. Il n'y a point d'analyse d'aucun des sels contenant les trois autres bases qui permette d'en calculer avec confiance la densité.

11. Outre les acides dont la densité a été établie dans cette section, il en est beaucoup

d'autres susceptibles de s'unir avec des bases et de former des sels neutres. Il seroit facile de trouver la densité de chacun d'eux, si nous étions en possession d'une analyse d'une des espèces quelconques dans chaque genre de ces sels, sur l'exactitude de laquelle on pût compter. Les nombres indiqués ci-dessous sont ceux qui s'accordent le mieux avec les analyses publiées jusqu'à présent.

Densité d'autres acides.

1. Fluorique	11.5
2. Oxalique	22
3. Boracique	24.5
4. Succinique	32.5
5. Citrique	35.1
6. Acétique	36
7. Tartarique	45.7
8. Tungstique	47.6

Les 1er., 4me. et 7me. de ces nombres sont tirés de la table donnée par Richter des proportions relatives en poids des acides et des bases qui se combinent. Nous sommes sans analyses exactes d'aucune des espèces qui appartiennent aux fluates, succinates ou tartrates.

La densité de l'acide oxalique est le terme moyen de trois séries d'expériences. Par celles

de Bergman sur l'analyse de l'oxalate de chaux, la densité de l'acide oxalique est de 21.2; elle est de 24.5, d'après l'analyse faite par Vauquelin, de l'oxalate de strontiane; et de 20.4 suivant la table de Richter, en ramenant à nos proportions le nombre qui y indique la densité de l'acide.

La densité de l'acide boracique est le résultat de l'analyse du borax par Bergman; comme ce sel contient un excès de base, on doit le considérer comme composé d'un atôme d'acide et de deux atômes de base.

La densité de l'acide citrique est le terme moyen des analyses par Vauquelin des citrates de potasse, de soude, de chaux et de magnésie; elle diffère essentiellement de celle établie par la table de Richter, dont le nombre réduit à nos proportions deviendroit 45.4.

La densité de l'acide acétique a été déterminée d'après les résultats de l'analyse par Bucholz de l'acétate de barite: de même que celle indiquée pour l'acide tungstique résulte de l'analyse par Klaproth du tungstate de chaux; l'une et l'autre de ces déterminations méritent confiance.

Nous nous trouvons ainsi en état de réunir dans une seule table les densités relatives d'un atôme de tous les acides et de toutes les bases

que nous avons pu reconnoître ; et la considération de ces densités doit particulièrement fixer notre attention, parce qu'indépendamment de l'hypothèse de Dalton, elles nous représentent tout aussi approximativement que l'état actuel de la science peut le permettre, le poids véritable des acides et des bases qui se saturent réciproquement et forment des sels neutres (1).

---

(1) Je crois devoir présenter ici, pour qu'on puisse la comparer avec la table ci-contre qui n'a été établie que d'après l'analyse, celle analogue de Richter telle qu'elle a été donnée par Fischer

Bases.

Alumine	525	Soude	859
Magnésie.	615	Strontiane. . . .	1329
Ammoniaque . .	672	Potasse	1605
Chaux	793	Barite.	2222

Acides.

Fluorique	427	Succinique . . .	1209
Carbonique . . .	577	Sebacique. . . .	706
Oxalique	755	Muriatique . . .	712
Phosphorique . .	979	Nitrique	1405
Formique	988	Acétique	1480
Sulfurique	1000	Tartarique . . .	1694

Densité des acides et des bases.

I. Bases.

Barite	60	Chaux	20.4
Strontiane	36	Magnésie	16
Potasse	33	Alumine	9.5
Soude	21.4	Ammoniaque	6

II. Acides.

Tungstique	47.6	Sulfureux	42
Tartarique	45.7	Acétique	36
Citrique	35.1	Phosphorique	20
Nitrique	34	Muriatique	18
Succinique	32.5	Carbonique	16.4
Sulfurique	27	Phosphoreux	14
Boracique	24.5	Fluorique	11.5
Oxalique	22		

La densité d'un atôme des sels neutres formés par la combinaison de ces corps, s'obtient en ajoutant ensemble les nombres représentant la densité d'un atôme de l'acide et celle d'un atôme de la base. Ainsi, la densité d'un atôme de sulfate de barite est 60 + 27 ou 87, celle d'un atôme de nitrate de potasse est 67, et ainsi de suite.

[*Sur-sels et sous-sels.*] 12. Mais les acides et les bases peuvent s'unir réciproquement, non-seulement dans les proportions qui forment

les sels neutres, mais souvent encore dans d'autres proportions diverses. Dans quelques cas, c'est l'acide qui prédomine et on distingue alors les sels qui en résultent par la dénomination de *sur-sels* ; dans d'autres circonstances c'est la base qui est en excès, et on désigne les combinaisons produites en les appelant *sous-sels*. La manière la plus simple de considérer ces corps est de se figurer que les sur-sels sont des composés de deux atômes d'acide avec un atôme de base, et que les sous-sels sont formés de deux atômes de base avec un atôme d'acide; ainsi le sur-sulfate de potasse résulte de l'union d'un atôme de potasse à deux atômes d'acide sulfurique, ou en poids, des 0.33 de base et des 0.54 d'acide. D'un autre côté, le borax est la combinaison de deux atômes de soude et d'un atôme d'acide boracique, ou, en poids, de 24.5 parties d'acide, et de 42.8 de base.

Tous les sels ne sont pas susceptibles de se présenter dans ces différens états, vraisemblablement parce que leur tendance à la cristallisation, ou à prendre la forme solide, dépend de certaines proportions; il est seulement probable que dans beaucoup de cas où ils cristallisent dans tous ces états, les différentes variétés peuvent s'unir entre elles, et que

c'est ce qui donne lieu à la diversité des résultats qu'on obtient de l'analyse.

[*Sels triples.*] 13. Il y a des circonstances où un acide est capable de s'unir à deux bases à la fois, et cette combinaison se nomme sel triple. C'est ainsi que l'acide sulfurique peut s'unir à la fois à la magnésie et à l'ammoniaque. Il y a lieu de croire que des combinaisons semblables sont le résultat de l'union d'un atôme d'un sel à un atôme d'un autre sel; ainsi, dans l'exemple que nous citons, on peut supposer qu'un atôme de sulfate de magnésie s'est combiné avec un atôme de sulfate d'ammoniaque. De cette manière aussi, on peut considérer l'alun comme formé par l'union d'un atôme de sulfate de potasse à un atôme de sur-sulfate d'alumine. Pour avoir le poids de chaque sel ainsi combiné, il suffit de connoître la densité d'un atôme de chacun d'eux; ainsi la densité d'un atôme de sulfate de potasse étant 60, et celle d'un atôme de sur-sulfate d'alumine étant 63.5, on en conclura que l'alun est un composé de 60 parties en poids de sulfate de potasse, et de 63.5 parties en poids de sur-sulfate d'alumine.

Les sels dans la composition desquels il entre différens acides et plusieurs bases, peuvent aussi se combiner de la même manière et

produire des sels quadruples. Il ne s'est présenté jusqu'ici que très-peu d'exemples de combinaisons salines plus compliquées, quoiqu'il soit très-possible qu'il en existe.

[*Proportions d'eau combinée.*] 14. Mais les sels solides ne sont pas seulement des combinaisons d'un acide et d'une base, ils contiennent encore presque toujours de l'eau comme partie constituante, ou sont presque tous des hydrates. La proportion de cette eau y varie considérablement, et très-souvent la quantité en est énorme. On peut concevoir que la formation d'un hydrate résulte de la combinaison d'un atôme du sel avec un ou plusieurs atômes d'eau ; la proportion d'eau semble presque toujours excéder celle d'un atôme ; mais les expériences qui ont pu avoir été faites jusqu'à présent pour déterminer la portion d'eau contenue dans les sels, ne sont pas d'une assez grande précision pour nous fournir les moyens d'assigner le nombre des atômes d'eau qui entrent dans ces combinaisons. Il paroîtroit n'y en avoir qu'un dans le sulfate de potasse, tandis que dans le sulfate de soude le nombre de ces atômes d'eau ne peut être au-dessous de celui de 11.

15. Les sels métallins semblent être d'une nature plus compliquée que ceux alcalins. Ils

sont rarement à l'état neutre, comme contenant presque toujours un excès, soit d'acide, soit de base. Ils ont une grande tendance à s'unir entre eux ; nous avons encore trop peu d'analyses exactes des sels métallins, pour qu'il nous soit possible d'avoir des notions précises relativement au nombre d'atômes auxquels ils s'unissent. L'analyse de ces corps, dès qu'elle sera assez avancée, nous fournira les moyens de déterminer la densité des oxides métalliques.

CHAPITRE V.

De la combinaison et de la décomposition.

Le grand objet de toute recherche en Chimie est la séparation, les uns d'avec les autres, des corps chimiquement combinés. Mais il n'est guère possible de parvenir jamais à opérer autrement cette séparation qu'en provoquant en même tems l'union à une autre substance de celle qu'on veut détacher d'un corps ; aussi, la *décomposition* est-elle presque toujours accompagnée de *combinaison*. Chaque analyse chimique consiste dans un certain nombre de

combinaisons et décompositions qui se succèdent dans un ordre régulier, et au moyen desquelles on est conduit au but desiré, la connoissance des parties constituantes de la substance soumise à l'examen. L'analyse s'effectue complètement en mettant successivement chacune des parties composantes de la substance dans un état de combinaison telle qu'elle ne puisse plus être attaquée ni dissoute par aucun menstrue capable de dissoudre toutes les autres parties constituantes, non encore séparées. Il faut donc nécessairement, pour l'art de l'analyse et les opérations qui constituent la chimie pratique, avoir une connoissance exacte des combinaisons que les différentes substances sont susceptibles de former; savoir distinguer les corps qui sont les plus propres à être employés pour séparer les unes des autres les parties constituantes des composés, et pouvoir trouver le dissolvant particulier de chaque composé. Après avoir déja particulièrement traité de l'action réciproque de toutes les substances chimiques entre elles, des composés qu'elles forment et des décompositions diverses qu'elles produisent, nous considérerons ce sujet sous un point de vue général dans ce chapitre en fixant spécialement notre attention, dans les sections suivantes;

1°. sur les *proportions* dans lesquelles les corps se combinent; 2°. sur l'*ordre* qu'ils suivent dans leurs décompositions entre eux ; 3°. sur les moyens de les séparer les uns des autres. Quelquefois l'une des parties constituantes prend la forme de gaz ou de vapeur. On la dit alors *volatilisée* ou *évaporée* ; quelquefois aussi un des principes du corps tombe au fond du composé liquide ; dans ce cas, on exprime cet effet en énonçant que ce principe est *précipité*.

SECTION PREMIÈRE.

De la combinaison.

On a vu dans les chapitres précédens que parmi les corps il en est beaucoup qui ne sont pas susceptibles d'union entre eux ; mais que pour la plupart ils peuvent entrer en combinaison et former des composés nouveaux. On peut diviser en deux classes les composés ainsi produits ; quelques-uns ne diffèrent que de très-peu dans leurs propriétés de celles de leurs parties constituantes , tandis que d'autres en acquièrent qui sont extrêmement dissemblables. Dans le premier cas, en effet , les corps sont si peu altérés par la combinaison, que quelques chimistes ont prétendu qu'elle

n'avoit pas lieu, et ont supposé que les corps n'étoient que mécaniquement mêlés.

[*Dissolution.*] 1. A la première classe de corps appartiennent toutes celles des combinaisons que, d'après Berthollet, nous avons appelées *dissolutions*. Dans les dissolutions, toutes les substances qui se combinent sont quelquefois dans le *même* état. Cette classe se compose des gaz mélangés, des liquides, des alliages métalliques et d'un petit nombre d'autres composés solides. Dans ces corps, les proportions de toutes les parties constituantes peuvent varier indéfiniment; ou des substances dans le *même* état sont capables de se *dissoudre dans toute proportion quelconque* entre elles.

Les corps qui se dissolvent réciproquement sont quelquefois dans des états différens. L'eau et beaucoup d'autres liquides dissolvent tous les gaz; et tous les gaz dissolvent l'eau et plusieurs autres liquides. L'eau dissout divers solides, et il est un grand nombre de solides qui se combinent avec l'eau. Dans tous ces cas de dissolution, il y a pour l'une des substances un maximum de quantité au-delà de laquelle (en supposant la quantité de l'autre substance fixée) le surplus ne sera pas dissous. La dissolution des gaz dans les liquides n'a lieu que pour une portion déterminée de chaque

gaz dans un volume donné du liquide. La combinaison d'un liquide avec un solide ne peut s'opérer que dans la proportion d'un poids déterminé du liquide, si d'ailleurs le solide n'est pas susceptible de prendre l'état liquide; car tout hydrate ne peut contenir qu'un certain poids d'eau; lorsqu'un liquide dissout un solide, il n'en prend qu'une quantité déterminée, et alors il perd toute action sur le surplus. On voit ainsi qu'il est pour la dissolution entre elles des substances dans des états différens, un maximum et un minimum de quantité; mais qu'en dedans de ces limites, elles peuvent se dissoudre dans toute proportion quelconque.

Quelques liquides dont la cohésion ou l'état diffèrent beaucoup, quoique celui de liquidité leur soit commun, ne peuvent se dissoudre que dans de certaines proportions. C'est ainsi que l'eau ne peut se charger que des 0.10 de son poids d'éther. De tels liquides ressemblent à des substances dans des états différens, et doivent par conséquent être assujétis à la même loi relativement à leurs dissolutions réciproques.

2. On a plus ordinairement et plus particulièrement considéré comme combinaisons chimiques, l'union entre eux de ceux des corps qui produisent des composés dont la différence avec les parties constituantes est très-

grande. Dans tous ces corps il existe évidemment une tendance à ne se combiner que dans de certaines proportions, et dans les exemples les plus remarquables ces proportions sont en très-petit nombre.

Les gaz ne s'unissent que dans une, deux ou tout au plus trois proportions, et il est très-rare que nous puissions les combiner directement dans plus d'une proportion. C'est ainsi que l'oxigène et l'hydrogène, l'hydrogène et l'azote ne s'unissent que dans une seule proportion. L'oxigène et l'acide muriatique s'unissent en deux proportions ; mais ce n'est que dans une seule proportion que cette union peut s'opérer directement. Il en est de même de l'oxigène et de l'azote qui peuvent se combiner en trois proportions, mais dans une seulement par voie directe. Les autres combinaisons s'obtiennent en décomposant celle formée directement.

La combinaison d'un corps gazeux avec un corps solide, est également limitée à de certaines proportions. On produit facilement l'union de l'oxigène avec le carbone, le phosphore et le soufre dans trois proportions ; mais à peine peut-on l'opérer dans plus d'une proportion lorsque c'est par voie directe. Avec les métaux aussi l'oxigène s'unit ordinairement,

dans un petit nombre de proportions. L'hydrogène s'unit au carbone dans trois proportions, et probablement de même aussi avec le phosphore et le soufre.

Lorsque les substances qui entrent en combinaison sont au nombre de plus de deux, celui des proportions dans lesquelles elles sont susceptibles de s'unir augmente souvent; et c'est ce qui, dans beaucoup de circonstances, nous induit en erreur lorsque nous essayons de déterminer ce nombre de proportions. Ainsi, l'azote, le carbone, l'hydrogène et l'oxigène sont presque les seuls élémens qui entrent dans la formation de toutes les substances végétales et animales dont la variété est si multipliée; mais comme chacune de ces substances affecte toujours les mêmes propriétés, il y a lieu de croire, que même dans ces cas compliqués, les proportions ne sont pas absolument illimitées, mais qu'elles sont bornées et déterminées comme dans les cas les plus simples où il est en notre pouvoir de nous en assurer; et si en effet il n'en étoit pas ainsi, on ne pourroit pas s'attendre à trouver dans deux substances animales ou végétales précisément les mêmes propriétés.

Il n'y a pas de corps liquides, strictement ainsi appelés, qui soient susceptibles de l'espèce

de combinaison intime que nous considérons ici. Toutes celles qu'ils forment sont de la classe des dissolutions.

Les solides qui se combinent intimement semblent d'abord être capables de varier dans leurs proportions d'une manière presqu'illimitée. C'est ainsi que le soufre peut être fondu avec l'antimoine, le fer, ou la potasse en toute proportion, et qu'on peut ajouter de même en toute proportion de l'ammoniaque liquide à l'acide nitrique. Mais dans tous ces cas, on ne peut pas rigoureusement considérer la combinaison comme étant de la nature de celles intimes dont nous nous occupons, à moins qu'on ne limite la quantité de chacune des substances qui la forment à de certaines proportions déterminées. Si les proportions sont illimitées, la combinaison appartient à la classe des dissolutions ; les propriétés de la partie constituante qui prédomine restent les mêmes et sans avoir été altérées. Toutes les fois que la combinaison est intime, et que les propriétés des substances qui l'ont produite sont déguisées, alors, les proportions sont non-seulement limitées, mais encore dans la plupart des cas elles n'excèdent pas une ou deux. Ainsi, pour former les sels neutres, il faut combiner l'acide et la base dans une proportion déterminée; et il est probable

que cette règle s'étend aussi, à un petit nombre d'exceptions près, aux sulfures.

Ainsi donc nous avons lieu de conclure que dans tous les cas de *dissolution* chimique, les ingrédiens s'unissent dans toute proportion quelconque, excepté lorsque la proportion de l'un d'eux est limitée par la différence de son état d'avec celui de son dissolvant; comme, par exemple, lorsque le dissolvant étant liquide, la substance dissoute est gazeuse ou solide. Mais dans les cas *de combinaison* chimique, les ingrédiens affectent des proportions déterminées; proportions qui dépendent vraisemblablement de la tendance qu'ont les corps à se combiner atôme à atôme, ou dans le rapport d'un atôme de l'un avec un nombre déterminé d'atôme de l'autre.

La doctrine de Berthollet semble alors exiger quelque légère modification en ce qui concerne les proportions des composés chimiques. Il paroît bien, en effet, que les corps sont susceptibles de s'unir dans des proportions diverses; mais assurément les phénomènes sont loin d'indiquer que ces proportions soient illimitées. Il est vrai que le chimiste illustre dont je présente ici l'opinion, convient que dans la plupart des composés la proportion des parties constituantes est déterminée, et il expose les

moyens, aussi ingénieux que plausibles, qu'il a trouvés d'expliquer le fait sans se voir obligé de renoncer à son opinion. Les circonstances qu'il fait connoître sont d'une grande importance sans doute, et doivent avoir beaucoup d'influence sur la production des composés permanens que nous avons considérés. Cependant, elles ne paroissent pas, au moins dans tous les cas, devoir suffire pour rendre raison de la combinaison des substances dans des proportions déterminées, à moins que nous ne supposions dans les atômes eux-mêmes une tendance à s'unir de cette manière.

SECTION II.

De la décomposition.

[*Exemples de décomposition.*] Si dans une dissolution de nitrate d'argent on verse de la potasse liquide, une portion de l'oxide métallique se sépare aussitôt de la dissolution et s'y précipite. Ainsi la potasse a la propriété de décomposer le nitrate d'argent en séparant l'oxide de ce métal. De même, en ajoutant de la soude à une dissolution de sulfate de magnésie, la magnésie abandonne l'acide et tombe au fond de la liqueur, tandis que la soude prend sa

place. C'est précisément l'effet inverse qui a lieu lorsqu'on ajoute de l'eau de barite à une dissolution de sulfate de soude. La barite et l'acide sulfurique se séparent et se précipitent dans la liqueur à l'état de combinaison, et la soude reste en dissolution. On obtient le même résultat par l'addition d'acide muriatique à une dissolution de nitrate d'argent. L'acide muriatique et l'oxide d'argent se précipitent à l'état d'union en laissant l'acide nitrique. En mêlant ensemble des dissolutions de muriate de barite et de sulfate de soude, l'acide sulfurique et la barite se séparent de la liqueur à l'état de sulfate de barite, tandis que l'acide muriatique et la soude également combinés y restent dissous. La même chose arrive avec l'oxalate d'ammoniaque lorsqu'on le mêle avec le nitrate de chaux. L'acide oxalique et la chaux se séparent combinés; tandis que l'acide nitrique et l'ammoniaque, dont l'union a formé un nitrate d'ammoniaque, continuent d'être en dissolution dans la liqueur.

Puisqu'il est ainsi des substances qui ont la propriété d'en séparer d'autres des composés dont elles sont parties constituantes, le principal objet des chimistes doit être de rechercher quel est le corps x capable d'opérer la séparation d'un corps a d'avec un autre corps b. Et

celui-là aura fait le plus de progrès dans l'art de l'analyse et dans la pratique de la science, qui sera parvenu à trouver ce corps x dans le plus grand nombre de cas.

Dès les premiers âges de la science, les chimistes commencèrent à recueillir des exemples de ces décompositions, et à essayer de les expliquer. Mayow semble être un de ceux qui les premiers considérèrent ce sujet sous son véritable point de vue. Nous avons de lui une dissertation sur la combinaison des acides et des bases, ainsi que sur leurs décompositions, dans laquelle on trouve un très-grand nombre de faits établis avec beaucoup d'exactitude, quoiqu'à raison de la connoissance alors imparfaite des substances il se soit souvent trompé dans les explications qu'il en donne (1). En 1718, Geoffroy imagina de réunir dans une table les substances rangées dans l'ordre suivant lequel elles peuvent réciproquement se séparer d'un corps quelconque donné. Cette table fut depuis corrigée et augmentée par différens chimistes, spécialement par Gellert et Limbourg. Mais ce fut Bergman qui, le premier, ramena la doctrine de la décomposition à un système régu-

(1) Mayow, *Tract.* I. c. 14, p. 232, *de salium congressu et precipitatione.*

lier, qui en donna, avec une série complète de tables, une théorie lumineuse et satisfaisante en rendant raison des anomalies ou exceptions dont les expériences de Baumé, Marchèrr et autres chimistes avoient fait voir qu'elle étoit susceptible. Sa dissertation publiée, pour la première fois en 1775, le fut depuis dans une forme plus parfaite en 1783. Les opinions de ce savant furent universellement adoptées par les chimistes qui, jusqu'à ces derniers tems encore, les considéroient comme la base de toute la science, et n'avoient d'incertitude que sur les moyens de remplir les vides qu'il avoit laissés.

[*Théorie de Bergman.*] Suivant cette théorie de Bergman, toutes les substances qui se combinent ont de l'*affinité* entre elles. Or, cette affinité de deux corps l'un pour l'autre est une force constante qu'on peut représenter par des nombres. Elle varie en intensité dans différens corps; de manière que celle d'un corps *a* pour *c* n'est pas la même que celle de *b* pour ce corps, mais que toujours elle est ou plus considérable ou moindre.

[*Affinité élective.*] L'affinité est *élective*; c'est-à-dire que si celle de *a* pour *m* étant plus forte que celle de *b* pour le même corps, on forme le composé *mb* par la combinaison de *m* avec *b*, en mêlant *a* avec ce composé, il

aura la propriété de séparer complètement *b* de *m*, et de se mettre à sa place de manière à produire un composé nouveau *ma*, tandis que *b* est entièrement dégagé (1).

D'après cette explication, la *décomposition* est la mesure d'intensité de l'affinité qui existe entre les corps. Si *a*, ajouté au composé *mb*, sépare *b* et forme le composé *am*, alors l'affinité de *a* pour *m* est plus forte que ne l'est celle de *b*; c'est par cette raison que les tables de décomposition publiées par Bergman furent appelées tables d'*attractions électives* ou *d'affinité*. On les considéra comme indiquant l'ordre d'affinité, et on essaya même d'exprimer par des nombres l'intensité d'affinité de chaque corps en particulier; mais cette idée n'appartenoit pas à Bergman; elle avoit été suggérée longtems avant lui par Mayow, exprimée plus clairement encore par Geoffroy, et suivie avec plus d'étendue par Limbourg et Sage (2). Il fut donc construit des tables, non-seulement d'après l'ordre suivant lequel les décompositions ont lieu, mais on y plaça même encore les substances qui ne produisoient pas de décompositions

(1) Bergman. III. 294.

(2) Dissertation de Jean-Philippe Limbourg, M. D. sur les Affinités chimiques. 1761.

sensibles lorsque d'autres circonstances sembloient en indiquer l'ordre d'affinité. C'est en grande partie ainsi que sont formées les tables d'affinité données par Geoffroy, Limbourg, Rouelle et même par Bergman. Celle de Gellert est établie sur un plan différent; elle présente l'ordre dans lequel les corps s'unissent le plus facilement, et ne donne que l'ordre de décomposition qui survient accidentellement. Cette table, quoiqu'imparfaite, mérite une attention particulière, en ce qu'elle paroît avoir été presqu'entièrement construite d'après les résultats de l'expérience. Elle a évidemment servi à Bergman pour la formation de la plupart des colonnes de ses tables, qu'il déclare présenter les affinités des corps par *voie sèche*, ainsi qu'il s'exprime, ou lorsqu'ils sont soumis à l'action de la chaleur (1).

Telles étoient les opinions admises parmi les chimistes, lorsque Berthollet publia dans le troisième volume des Mémoires de l'Institut sa dissertation sur l'affinité, et mit en question la vérité des propositions fondamentales de la théorie de Bergman. Il convenoit bien qu'en effet les corps diffèrent entre eux dans leur degré d'affinité; mais il faisoit voir que cette

(1) Gellert's *Metallurgic chemistry*, p. 185.

affinité ne peut pas être considérée comme une force constante, puisqu'elle varie comme la quantité des corps agissans, quantité qui peut suppléer à l'affinité. Berthollet prouva également, par un grand nombre d'exemples convaincans et bien choisis, qu'on ne peut pas regarder la *décomposition* comme étant la mesure de l'intensité d'affinité; que dans tous les cas, l'effet immédiat de l'affinité est une combinaison; que jamais elle n'occasionne de décomposition si ce n'est par une action indirecte, et en vertu de circonstances qui n'ont aucun rapport avec l'intensité d'affinité.

Il n'y a point, dans cette nouvelle doctrine, d'affinité élective. La substance qui a une affinité plus forte n'est pas capable d'opérer complètement la séparation de celles en qui elle est plus foible, ou si cela arrive, c'est par l'intervention de quelqu'autre cause. Le corps dont l'affinité est la plus grande, au lieu de séparer celui dont l'affinité est moindre, partage avec lui la base avec laquelle il étoit uni; chacun d'eux s'y combine dans une proportion relative à sa force d'affinité et à sa quantité. Cette dernière opinion est exactement l'opposé de celle anciennement établie. Dans la première hypothèse, lorsqu'on verse de l'acide sulfurique sur du nitrate de potasse, cet acide en sépare ou

totalité l'acide nitrique et prend sa place; suivant Berthollet, chacun des acides se combine avec une portion de la base du nitrate de potasse, et cette union a lieu pour chaque acide proportionnellement à sa force d'affinité et à la quantité qui en a été employée.

Berthollet me semble avoir établi par des expériences également décisives et déterminantes la partie fondamentale de sa doctrine ; savoir, que la quantité altère la force d'affinité, et que la décomposition n'est pas un effet d'attraction élective. Il faut en conclure que ce n'est pas précisément l'ordre des affinités, mais simplement celui de *décomposition* que présentent les tables publiées par Bergman et autres chimistes, et encore Berthollet a-t-il fait voir que dans beaucoup de cas elles ne donnent même pas, d'une manière correcte, l'ordre des décompositions; elles en indiquent, comme étant complètes, qui ne sont que partielles et qui dépendent quelquefois, en grande partie, des proportions des corps agissans employés.

L'intensité d'affinité ne peut convenablement se mesurer, suivant Berthollet, que par la quantité d'un corps quelconque nécessaire pour opérer la neutralisation d'un poids donné d'un autre corps. Il suppose que l'affinité est en

raison inverse de cette quantité. Ainsi, si en cherchant l'affinité proportionnelle des trois corps *b*, *c* et *d* pour *A* on a trouvé que pour neutraliser un poids donné de *A* = 1, il faut, savoir,

De *b* un poids = 1.
De *c* *Idem* = 2.
De *d* *Idem* = 3;

on en conclura que les affinités de *b*, *c*, *d* pour *A* sont respectivement en raison inverse des nombres 1, 2 et 3, ou

L'affinité de *b* = 1 ou 6.
de *c* = 0.5 ou 3.
de *d* = 0.33 ou 2.

Il paroît que cette opinion sur l'intensité d'affinité fut celle que Kirwan s'en étoit d'abord formée; mais il se vit contraint de la modifier pour la faire cadrer avec la théorie des attractions électives qui prévaloit alors. A la manière dont la reproduit Berthollet, elle semble être extrêmement plausible et se trouver parfaitement d'accord avec beaucoup de phénomènes chimiques; mais aussi sa probabilité se fonde sur la considération particulière de la neutralisation par ce chimiste. Il conçoit l'*acidité* et l'*alcalinité* (car tous ses exemples sont tirés des sels) comme étant deux forces oppo-

sées qui s'accroissent en raison de ce que la quantité de chaque corps augmente ; et la *neutralisation* comme indiquant que ces forces se balancent respectivement l'une et l'autre, et que par conséquent elles sont égales en intensité. Moins il faut d'un acide quelconque pour neutraliser une quantité donnée de base, et plus son *acidité* est puissante ; mais on n'en peut pas déduire, comme une conséquence, que la force de combinaison d'un acide avec une base est proportionnelle à sa puissance destructive de l'*alcalinité* de cette base. A quoi peut-on donc reconnoître que l'alcalinité d'une base est neutralisée ? C'est lorsqu'elle cesse d'agir sur d'autres substances comme le fait un alcali. Ainsi lorsqu'un alcali n'opère plus aucun changement sur les couleurs bleues végétales, on le dit *neutralisé*. Or, ne peut-on pas concevoir que dans des cas semblables de neutralisation, l'alcali agit sur la couleur bleue végétale précisément comme il l'auroit fait d'abord ; que l'acide produit également son effet d'une manière différente ; et que dans les cas de neutralisation, la proportion en est justement suffisante pour contrebalancer l'effet de l'alcali et prévenir ainsi toute altération de couleur ? Dans les cas de neutralisation, l'action de l'acide sur les couleurs bleues végétales est la même en force

que celle de l'alcali. On en peut donc conclure que l'énergie d'action d'un acide sur les couleurs bleues végétales est inversement proportionnelle à la quantité qui en est nécessaire pour opérer la neutralisation ; mais il ne s'en suit certainement pas que la force avec laquelle un acide attire un alcali, soit proportionnelle à l'énergie de son action sur les couleurs bleues végétales ; ce n'est seulement que dans les cas d'union avec les acides et les alcalis qu'on peut reconnoître quand la neutralisation est produite ; et en effet, quel moyen auroit-on, par exemple, pour déterminer la proportion de soufre nécessaire pour neutraliser un métal, ou celle d'oxigène à employer pour neutraliser le carbone? Peut-on même se permettre de croire que dans l'eau, l'un des plus insipides de tous les composés, l'oxigène et l'hydrogène soient à l'état de neutralisation respective ?

Sir Isaac Newton semble avoir été d'une opinion à-peu-près semblable à celle de Berthollet ; mais sans vouloir entrer ici dans la discussion du grand degré de probabilité qu'elle présente, ainsi que des argumens plausibles qui viennent à l'appui de celle opposée, je me bornerai à déclarer que nous sommes encore dans une ignorance profonde sur ce qui concerne la force d'affinité. Berthollet est bien

parvenu à détruire toutes les opinions que nous nous étions formées sur ce sujet, mais il n'a pas aussi complètement réussi à établir la sienne propre.

Au moyen de ce qu'il a été ainsi prouvé que les tables d'affinités (ainsi qu'on les a appelées) n'indiquent pas l'ordre réel des affinités, et que les décompositions d'après lesquelles on les a établies sont souvent illusoires et rarement complètes, on doit considérer les tables elles-mêmes, comme étant de peu d'importance et comme tendant plutôt, dans la plupart des cas, à induire en erreur qu'à procurer des notions exactes.

Des tables de *décompositions*, si on pouvoit en construire, ne fussent-elles même que partielles, seroient d'un grand avantage; mais ce n'est que dans un nombre de cas très-limité qu'on peut reconnoître l'ordre suivant lequel les corps se décomposent entre eux. Il faut, dans la plupart des circonstances, se contenter de l'analogie. On a formé les tables qui suivent, en partie, d'après l'ordre de décomposition, et en partie d'après celui de combinaison qui ont lieu lorsqu'on présente à la fois deux corps à un troisième. Elles peuvent être de quelqu'utilité dans la pratique, quoiqu'elles ne répandent que peu de lumière sur la force d'affinité.

Oxigène, combustibles et incombustibles simples.

I. Oxigène.

Hydrogène.
Carbone.
Phosphore.
Soufre.
Azote.
Acide muriatique.

Tous ces corps s'unissent à l'oxigène à-peu-près dans l'ordre indiqué dans la table, si aucune autre circonstance ne s'oppose à leur facilité de combinaison avec ce principe. Aucun d'eux n'est capable de décomposer l'eau, à moins qu'on ne considère le carbone comme présentant à cet égard une exception. Le charbon, à une chaleur rouge, décompose l'eau ; mais l'hydrogène décompose à son tour l'acide carbonique à la même température. Ainsi la faculté de décomposition est réciproque ; mais je place l'hydrogène le premier, parce qu'en allumant, par l'électricité, un mélange d'hydrogène carburé avec une proportion insuffisante d'oxigène, l'hydrogène se combine avec l'oxigène de préférence au carbone. Le charbon chauffé au rouge décompose l'acide phosphorique, et le phosphore produit cet effet sur l'acide carbonique

à la même température ; mais je fais précéder le phosphore par le carbone, parce que le phosphore ne paroît pas capable d'opérer la décomposition de l'eau comme le fait le charbon, et que son action sur l'acide carbonique a besoin d'être facilitée par la présence d'une base. L'acide phosphorique ne semble pas susceptible d'être décomposé par le soufre, mais le phosphore agit à un certain point sur l'acide sulfurique. On sait que le soufre décompose, au moins en partie, l'acide nitrique ; mais l'azote n'exerce aucune action sensible sur l'acide sulfurique. Quoique l'acide muriatique occupe la dernière place dans l'ordre des décompositions, il a cependant été reconnu qu'il peut séparer une portion d'oxigène de l'acide nitrique ; mais le gaz nitreux enlève à l'acide oximuriatique tout son oxigène et le convertit en acide muriatique. Telles sont les raisons qui ont déterminé l'ordre suivant lequel les combustibles et incombustibles simples se trouvent rangés dans la table précédente.

Métaux séparés de leurs dissolutions acides.

II. Oxigène et dissolutions acides.

Zinc.
Fer.
Etain.
Antimoine.
Arsenic.
Plomb.
Bismuth.
Cuivre.
Platine.
Mercure.
Palladium, Rhodium, }
Iridium, Osmium. }
Argent.
Or.

Cette table indique l'ordre suivant lequel les métaux se précipitent les uns les autres à l'état métallique de leurs dissolutions acides et alcalines. Le zinc et le fer précipitent tous les métaux qui se trouvent rangés au-dessous d'eux. Ils les mettent ainsi, soit à l'état métallique, soit à celui de poudre noire, comme cela a lieu à l'égard de l'antimoine, de l'arsenic, du bismuth et des quatre nouveaux métaux découverts dans le platine. Il a été annoncé par Ritter que ces poudres noires sont des combinaisons des métaux avec l'hydrogène. Cette asser-

tion mérite d'être vérifiée ; car si l'on parvenoit à démontrer qu'elle est fondée, elle deviendroit d'une grande importance pour expliquer la nature de la précipitation. Je ne me suis pas assuré si l'antimoine et l'arsenic précipitent les métaux qui se trouvent au-dessous d'eux dans la table ; mais ils sont attaqués plus rapidement l'un et l'autre par l'étain que le plomb ou le cuivre. Le plomb précipite le cuivre. Le bismuth et le platine ne sont classés que par analogie. Le mercure est précipité par le cuivre ; l'argent et l'or le sont par le mercure.

On peut regarder comme très-probable, d'après les dernières observations de M. Sylvestre, que ces précipitations sont occasionnées par l'action galvanique des métaux les uns sur les autres. Nous avons appris par Volta, que les métaux qui sont très-avides d'électricité diffèrent entre eux dans le degré de rapidité avec laquelle ils l'absorbent : que deux métaux étant placés en contact et séparés, l'un devient électrisé en *plus* et l'autre en *moins* : et qu'en les arrangeant ainsi par suites régulières dont le zinc forme l'une des extrémités et l'or l'autre, tous les métaux qui précèdent ont la propriété de rendre électrisés en moins tous ceux qui sont au-dessous d'eux. Or, il a été démontré que lorsque des métaux, dans des états différens

d'électricité, sont placés convenablement, ils décomposent l'eau et produisent tous les autres phénomènes galvaniques. C'est, suivant Sylvestre, l'hydrogène dégagé qui produit la réduction du métal (1). S'il en est effectivement ainsi, l'ordre suivant lequel les métaux se précipiteroient entre eux devroit être précisément le même que celui de leur tendance à absorber l'électricité les uns des autres.

Si nous cherchions à réunir les deux tables précédentes dans une seule, ces observations y indiqueroient la place de l'hydrogène immédiatement après l'étain. Cependant on sait, d'après les expériences de Priestley, que l'hydrogène est capable de réduire l'oxide de fer à l'état métallique. Le charbon décompose également les oxides de tous les métaux ; mais d'un autre côté les oxides de zinc, de fer, d'étain et de quelques autres métaux ont la propriété de décomposer l'acide carbonique. Le phosphore précipite tous les métaux qui sont au-dessous du plomb, et peut-être même quelques-uns de ceux qui sont au-dessus. Le soufre aussi opère la réduction du plus grand nombre des oxides métalliques ; mais beaucoup d'oxides métalliques décomposent, à l'aide de la chaleur,

(1) Nicholson's *Jour.* XIV. 94.

l'acide sulfurique. Il en résulte qu'il n'est guère possible de bien assigner leurs places relatives aux combustibles et incombustibles simples. Nous ne nous tromperons probablement pas beaucoup en plaçant l'hydrogène après l'étain, le carbone après l'antimoine, le phosphore après le plomb, le soufre après le cuivre, et l'azote ainsi que l'acide muriatique après le mercure. Pour compléter la table par analogie, on y établiroit les métaux réfractaires et le manganèse avant le zinc, et le platine immédiatement après le nickel ; mais par des analogies semblables, il seroit très-facile d'être induit en erreur.

Oxides provenant d'acides.

III. Dissolutions acides.

Protoxide de fer.
Peroxide d'argent.
Oxide rouge de mercure.
Peroxide de zinc.
Oxide de manganèse.
Oxide de plomb.
Peroxide de cuivre.
Peroxide de fer.

Cette table, qui a été formée d'après les expériences de Gay-Lussac, présente l'ordre suivant lequel les oxides métalliques se précipitent mutuellement de celles des dissolutions acides

dans lesquelles ils sont respectivement solubles. L'ordre relatif de plusieurs des oxides tel qu'il y est établi n'est pas entièrement certain, mais ils précipitent tous le peroxide de fer, et la plupart d'entre eux, le peroxide de cuivre; tandis que ce dernier précipite le peroxide de fer (1).

Bases séparées des acides.

IV. Dissolutions acides.

Alcalis fixes.
Barite.
Strontiane.
Chaux.
Ammoniaque.
Magnésie.
Yttria. }
Glucine. }
Zircone.
Alumine.
Oxides métalliques.

Cette table indique l'ordre général suivant lequel les bases se précipitent mutuellement des dissolutions salines; mais elle est susceptible de beaucoup d'exceptions. Berthollet a même présenté, comme probable, que cet ordre de précipitation varie selon la proportion des substances employées : il a démontré que

(1) Ann. de chim. XLIX. 21.

la précipitation n'est jamais, ou que très-rarement, complète; que les bases se partagent entre elles l'acide dissolvant en raison de leurs quantités relatives et de celle de chacune d'elles qui seroit nécessaire pour la neutralisation de l'acide. Il est évident qu'il faut excepter tous ceux des cas dans lesquels l'acide et la base ou le précipitant forment un composé insoluble, parce qu'alors ils se précipitent à l'état de combinaison. Je place les alcalis fixes les premiers, parce qu'en ajoutant du muriate de barite à de la potasse assez pure pour ne pas troubler l'eau de barite ou de chaux, il se produit toujours un précipité d'apparence floconneuse. On ne remarque à cet égard aucune différence sensible dans l'action de la potasse ou de la soude. Ces alcalis ne se précipitent point l'un l'autre. La potasse n'occupe le premier rang dans les tables de Bergman, que parce que les sels qu'elle forme avec les acides sont moins solubles que ceux que la soude produit de même; et par conséquent, ainsi que l'a fait voir Berthollet, lorsqu'on évapore une dissolution saline contenant les deux alcalis, ce sont les sels de potasse qui cristallisent les premiers. Il n'a pas été prouvé que la barite précipite la strontiane et la chaux, et, en supposant même que cela fût, on ne pourroit jamais convenablement l'employer comme

précipitant de ces substances. Il est bien reconnu que l'ammoniaque n'occasionne jamais de précipité dans les dissolutions des trois terres alcalines qui précèdent cette substance dans la table; mais elle précipite tous les corps qui y sont placés après elle, à l'exception de ceux des oxides métalliques qu'elle est capable de tenir en dissolution.

On n'a pas examiné jusqu'à quel point la magnésie peut précipiter les terres qui se trouvent au-dessous d'elle dans la table; mais il est probable qu'il en est ainsi à raison de la propriété qu'elle a de former avec les acides des sels neutres, propriété que n'ont pas ces terres. L'attraction marquée que la magnésie manifeste pour l'alumine l'empêcheroit peut-être de prendre la place de cette substance; elle s'y combineroit vraisemblablement, et formeroit avec elle une substance à-peu-près insoluble dans la potasse. La zircone n'est rangée dans la table que par analogie. Il paroît que l'alumine est précipitée, au moins en partie, par la glucine, en ce qu'elle forme avec les acides un sel qui se rapproche de plus près de la neutralisation. Plusieurs des oxides métalliques précipitent l'ammoniaque; mais la faculté relative des substances qui se trouvent placées dans la table au-dessous de l'ammoniaque n'est pas d'une

grande importance, car elles ne peuvent être qu'indirectement employées comme précipitans.

[*Les acides ne se précipitent point entre eux.*] Les acides ne se précipitent point entre eux de leurs bases, et par conséquent il ne peut être formé de tables de ces précipitations. Il en est beaucoup qui ont la propriété de former avec des bases des composés insolubles. Ces acides enlèvent les bases à d'autres acides et se précipitent avec elles. Ce fut en considération de cette circonstance, que Bergman rangea les acides dans ses tables ; mais Berthollet a fait voir que l'ordre indiqué est hypothétique dans beaucoup de cas, et que la nature des précipités varie avec la proportion.

Je présenterai actuellement la table de celles des substances qui ont la propriété de séparer ou complètement ou en partie les corps de leurs dissolutions, et dont en conséquence on fait usage en chimie pour reconnaître respectivement la présence des corps, ou pour en déterminer la quantité. Une table semblable ne peut comprendre que les alcalis, les terres, les oxides métalliques, les acides et un petit nombre d'autres corps composés. Les substances simples sont en général dans un état de combinaison trop intime pour que leur séparation puisse s'effectuer par de tels moyens.

V. *Table générale des précipitans.*

1. Alcalis.	*Précipitans.*
Potasse	Acide tartarique.
Soude	o
Ammoniaque	Alcalis fixes.

On ne connoît pas de substances capables de précipiter les alcalis fixes. On en découvre la présence en en séparant d'autres substances, en les combinant avec les acides et en examinant les propriétés des sels formés. L'acide tartarique indique dans beaucoup de cas la présence de la potasse, lorsqu'on verse lentement de cet acide dans des dissolutions qui la contiennent. Il se forme du tartrate qui étant presqu'insoluble dans l'eau, se précipite dans la liqueur en petits cristaux. L'acide phosphorique produit avec la potasse un sel qui se dissout à peine dans l'eau froide mais on ne peut cependant pas s'en servir comme précipitant. On ne connoît pas de substance qui puisse précipiter ainsi la soude. Tous les sels de soude connus sont, à l'exception des fluate, oxalate et camphorate de cet alcali, très-solubles. Quoique l'ammoniaque ne soit pas précipitée, néanmoins sa présence se manifeste d'une manière sensible par son odeur, lorsqu'on mêle avec un alcali fixe les dissolutions qui la contiennent.

Digitized by Google

Terres alcalines.

II. *Terres alcalines.*	*Précipitans.*
Barite	Acide sulfurique.
Strontiane.	Acide sulfurique.
Chaux	Acide oxalique.
Magnésie	Acide phosphorique.

Toutes les terres alcalines sont précipitées complètement par les carbonates alcalins et on s'en sert ordinairement à cet effet. Les acides indiqués dans la table, précipitent également ces terres en totalité, pourvu qu'elles soient à l'état de combinaison avec une base alcaline, et qu'on prenne d'ailleurs les précautions convenables pour se garantir de l'influence des corps qui pourroient empêcher l'action de l'acide. Le sulfate de soude peut être considéré comme capable de précipiter complètement la barite de toutes dissolutions; mais il n'agit pas aussi puissamment sur la strontiane. L'action de l'oxalate d'ammoniaque sur la chaux est à-peu-près aussi énergique, pourvu qu'il n'y ait pas excès d'acide. Mais l'oxalate de chaux est dissoluble dans la plupart des acides. Nous n'avons pas de bon précipitant de la magnésie. On en découvre ordinairement la présence en séparant les autres corps et en la

précipitant alors par un alcali. Le docteur Wollaston a proposé l'acide phosphorique comme précipitant de la magnésie, et il l'emploie pour cet objet d'une manière ingénieuse. Il ajoute du *carbonate d'ammoniaque* (à l'état neutre autant que possible) à une dissolution de magnésie. Il ne se manifeste pas de précipité, parce que l'acide carbonique suffit pour le tenir en dissolution; mais par une addition de phosphate de soude, le précipité a lieu dans un état de combinaison insoluble avec l'acide phosphorique.

Terres.

III. Terres proprement dites.	*Précipitans.*	
Yttria	Ammoniaque,	prussiate de potasse.
Glucine	*Idem.*	*Idem.*
Zircone	*Idem*,	hydrosulfure de potasse.
Alumine	*Idem.*	*Idem.*

Toutes ces terres sont précipitées par les carbonates alcalins. Aucune d'elles ne peut être découverte et séparée par un précipitant qui lui soit particulièrement propre. La séparation s'opère par des moyens plus compliqués; on peut en effet reconnoître la présence de l'alumine dans une dissolution d'acide sulfurique par le moyen de la potasse, qui y produit la formation de cristaux d'alun qui se déposent peu-à-peu.

Oxides métalliques.

IV. Oxides métalliques.	*Précipitans.*
Or.	Sulfate de fer. Nitrate de mercure.
Platine.	Muriate d'ammoniaque.
Argent.	Muriate de soude.
Mercure	Muriate de soude.
Palladium	Prussiate de mercure.
Rhodium . . . . . . o	Zinc.
Iridium . . . . o	Zinc.
Osmium . . . . o	Mercure.
Cuivre. . . . . o	Fer.
Fer	Succinate de soude.
Nickel. . . . . o	Sulfate de potasse.
Etain.	Oximuriate de mercure.
Plomb	Sulfate de soude.
Zinc . . . . o	Carbonates alcalins.
Bismuth	Eau, muriate de soude.
Antimoine	Eau, hydrosulfure de potasse.
Tellure.	Eau.
Arsenic.	Nitrate de plomb.
Cobalt. . . . . o	Carbonates alcalins.
Manganèse	Tartrate de potasse.
Chrôme.	Nitrate de plomb.
Molybdène . . . . . . o	
Urane	Prussiate de potasse, alcalis.
Tungstène . . . . . . o	Muriate de chaux.
Titane	Infusion de noix de galle.
Columbium	Zinc, infusion de noix de galle.
Cérium	Oxalate d'ammoniaque.

Presque tous les oxides métalliques sont susceptibles d'être précipités soit complètement soit en partie par les alcalis, les carbonates alcalins ou les terres alcalines. L'hydrosulfure de potasse les précipite également presque tous mais il en est beaucoup qui peuvent en outre être séparés des dissolutions par des précipitans particuliers. On a indiqué, dans la table ci-dessus, ceux dont on se sert ordinairement.

Le sulfate de fer précipite l'or à l'état métallique. On l'emploie communément pour opérer la séparation de ce métal, excepté les cas où la dissolution contient du fer, et lorsqu'on cherche à en reconnoître la quantité; on peut alors faire usage de nitrate de mercure.

Le muriate d'ammoniaque précipite le platine de l'acide nitro-muriatique, à l'état d'une poudre jaune. Ce précipitant est celui qu'on emploie ordinairement, parce que le muriate ammoniacal de platine est facilement décomposé par la chaleur.

L'argent est complètement précipité de presque toutes dissolutions par le muriate de soude, le muriate d'argent étant indissoluble dans le plus grand nombre des liquides; c'est un des meilleurs précipitans que nous connois-

sions. On reconnoît la présence du mercure et on le sépare le plus souvent par sublimation. Il n'y a de bon précipitant de ce métal que lorsqu'il est à l'état de protoxide , et dans ce cas le muriate de soude le sépare presque complètement.

Le docteur Wollaston a fait voir que le palladium peut être précipité des dissolutions nitromuriatiques par le prussiate de mercure. On ne connoît pas de bon précipitant du rhodium. Le docteur Wollaston parvint à le mettre à l'état de séparation par le moyen du muriate de soude. On ne connoît pas de bon précipitant de l'iridium, et de l'osmium. M. Tennant réussit à séparer le premier de ces métaux par le zinc , et le second par le mercure.

On n'a point encore trouvé de précipitant salin du cuivre qui puisse être convenablement employé. On précipite ordinairement ce métal au moyen d'une lame de fer, ou par l'hydrogène sulfuré. On s'est servi dernièrement avec beaucoup d'avantage du succinate de soude ou d'ammoniaque pour précipiter le fer.

On ne sait pas quel peut être le précipitant du nickel. Proust fit usage du sulfate de potasse pour le séparer du cobalt au moyen de cristallisations successivement répétées.

Il n'y a pas de bon précipitant de l'étain ; on

peut cependant en opérer assez complètement la séparation par l'oximuriate de mercure. C'est le zinc qu'on emploie ordinairement pour le séparer des dissolutions.

Le plomb est précipité très-complètement de ses dissolutions par le sulfate de soude.

Les chimistes ne connoissent encore d'autres méthodes à employer pour obtenir le zinc de ses dissolutions, que de séparer d'abord toutes les terres et les oxides métalliques avec lesquels il peut être uni, et de le précipiter alors par un carbonate alcalin.

Le bismuth est séparé de sa dissolution par l'eau et par le muriate de soude. Le précipité, de couleur blanche, ne noircit pas par son exposition aux rayons solaires; il n'est pas non plus dissoluble dans l'acide nitrique, ce qui suffit pour le distinguer du muriate d'argent.

L'antimoine est précipité par l'eau. L'emploi de l'hydrosulfure de potasse ou d'ammoniaque, peut être nécessaire pour reconnoître la présence du métal par la couleur du précipité produit qui est l'orangé.

Il paroît, d'après les expériences de Klaproth, que le tellure est précipité par l'eau. On ne connoît que peu de ses précipitans.

L'arsenic, à l'état d'oxide blanc, ne se sépare qu'imparfaitement par l'évaporation. L'hy-

drosulfure de potasse le précipite en jaune; mais le meilleur moyen pour en reconnoître la quantité, consiste à le convertir en acide et à le précipiter alors par le nitrate de plomb.

Pour opérer la précipitation du cobalt, on ajoute du tartrate de potasse à une dissolution qui contient le métal, et on abandonne à elle-même la liqueur du mélange. Il s'y forme spontanément des cristaux rouges rhomboïdaux qui sont le tartrate cobaltique de potasse. Ce moyen est assez bon pour obtenir le cobalt à-peu-près pur, mais on ne le sépare pas en totalité.

Richter a recommandé l'emploi du tartrate de potasse pour précipiter le manganèse. Il réussit jusqu'à un certain point et spécialement si la dissolution n'est pas avec excès d'acide.

Le chrôme, lorsqu'il est à l'état d'acide, est précipité par le nitrate de plomb.

On ne connoît encore d'autre moyen de séparer le molybdène des dissolutions acides que celui de l'évaporation. Il se dépose ainsi spontanément à l'état d'oxide.

On distingue parfaitement bien l'urane à la couleur brune du précipité qu'il produit par le prussiate de potasse. Les alcalis fixes le séparent complètement de ses dissolutions, à l'état d'une poudre brune.

On ne parvient ordinairement à obtenir le tungstène à l'état de séparation, qu'en combinant son oxide avec l'ammoniaque, en évaporant à siccité et en calcinant alors le résidu.

Le titane est précipité par l'infusion de noix de galle sous forme analogue à celle du sang caillé. Le columbium est séparé à l'état de poudre blanche par une lame de zinc, et le cérium l'est de même par l'oxalate d'ammoniaque.

Acides.

V. Acides.	*Précipitans.*
Sulfurique.	Muriate de barite.
Sulfureux.	Nitrate de plomb.
Phosphorique	Muriate de chaux.
Carbonique	Muriate d'une terre alcaline.
Fluorique.	Muriate de chaux.
Boracique.	Acide sulfurique.
Nitrique.	o
Acétique.	o
Benzoïque.	Acide muriatique.
Succinique	Sulfate de fer.
Moroxilique.	Acétate de plomb.
Camphorique	o
Oxalique	Muriate de chaux.
Mellitique.	Acétate de barite.
Tartarique	Potasse.
Citrique.	Acétate de chaux.
Saclactique	*Idem.*
Malique.	o
Subérique	Acide muriatique.

Cette partie de la table exige à peine aucune explication. lorsqu'un alcali ou un sel neutre est indiqué comme précipitant, l'acide se dépose à l'état d'un sel insoluble; lorsque c'est un acide qu'on a employé, l'acide est précipité en petits cristaux. Lorsqu'il n'y a point de précipitant indiqué, c'est qu'alors l'acide ne forme point de sel indissoluble connu et qu'il se dissout lui-même dans l'eau.

Lorsqu'un acide forme un sel insoluble avec une base quelconque, cet acide ou ses sels ont presque toujours la propriété de séparer la base des dissolutions qui la contiennent. La base et le sel qu'elle forme, agissent de la même manière lorsqu'on l'ajoute aux dissolutions qui contiennent l'acide. Il s'ensuit qu'il est d'une grande importance de connoître les sels insolubles que produisent les acides avec toutes les bases, parce qu'alors on peut toujours prévoir, à l'avance, l'effet du mélange des dissolutions salines. Si ce mélange contient une base et un acide quelconques, susceptibles de former un sel insoluble, ces substances se combinent ordinairement et se précipitent.

Je crois, en conséquence, devoir insérer ici la table qui suit; elle présente la dissolubilité de la plupart des sels jusqu'à présent

examinés. La lettre *S* indique que le sel jouit à un très-haut degré de la propriété de se dissoudre ; celle *I* qu'il n'est pas sensiblement dissoluble, et la lettre *P* qu'il n'est que peu soluble, ou que sa faculté de dissolubilité n'excède pas 0.01 ou 0.02.

ACIDES.	Potasse.	Soude.	Ammoniaque.	Barite.	Strontiane.	Chaux.	Magnésie.	Yttria.	Glucine.	Alumine.	Zircone.	Peroxide d'or.	Peroxide de platine.	Peroxide d'argent.	Mercure.	Palladium.	Peroxide de cuivre.	Fer.	Etain.	Oxide jaune de plomb.	Nickel.	Zinc.	Bismuth.	Antimoine.	Tellure.	Arsenic.	Cobalt.	Manganèse.	Molybdène.	Urane.	Titane.	Cérium.
Sulfurique.....	S	S	S	I	I	P	S	S	S	S	I	S	S	P	P	S	S	S	S	I	S	S	P	P	S	P	S	S	S	S	S	S
Sulfureux......	S	S	S	I	I	P	S			I				P	—		S	S	S	I	S	S	I	I								S
Phosphorique...	P	S	S	I	I	I	S	I	I	I				I	I		I	I	I	I	P	S	S	S		P	S	P	S		I	I
Phosphoreux ...	S	S	S	P		I	P			S				I																P		
Carbonique	S	S	S	I	I	I	I	I	I	I				I	I		I	I	—	I	I	I	I					I			I	I
Fluorique......	S	S	S	P		I	I			S				I	I		S	S	S	I	S	S	I			P	S	P	S	S		
Boracique......	S	S	S	I	P	P	P			I				I	I		P	I	I	I	P	I	I	I		P	P	P	I			
Nitrique.......	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	—	S	S	S	S	S	S	S	S
Muriatique.....	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	I	I | S	S	S	S	S	P	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Sur-oximuriatiq.	S	S	S	S	S	S	S			S				S			S	S														—

ACIDES.	Arsenique.	Tungstique	Molybdique	Chrômique	Columbique	Acétique	Benzoïque	Succinique	Moroxilique	Camphorique
Cérium.	I		I			S	I	P		
Titans.	I									
Urane.	I	I	P			S				
Molybdène.						S		S		
Manganèse.	P		I			S	S	S		
Cobalt.	S					S				
Arsenic.	I					S	S			
Tellure.										
Antimoine.	I		I			S	S	S		
Bismuth.	I		I			S	S	S		
Zinc.	I	I	I	I		S	S	S		
Nickel.	S		I			S				
Oxide jaune de plomb.	I	I	I	I		S	S	P		
Etain.	I					S		S		
Fer.	I	I	I		I	S	S	I		
Peroxide de cuivre.	S	I	I	I		S	S			
Palladium.										
Mercure.	I	I	P	I		S	I	S		
Peroxide d'argent.	I		I	I		S	S	S		
Peroxide de platine.						S	P			
Peroxide d'or.						S				
Zircone.						S				
Alumine.	I	I				S	S			P
Glucine.						S		I		
Yttria.	I					S		P		
Magnésie.		S	S			S	S	S		P
Chaux.	I	I	I	S		S	S	P	S	P
Strontiane.	I					S				
Baryte.	I	I		I		S	S	P		P
Ammoniaque.	S	S	S			S	S	S	S	P
Soude.	S	S	S	S		S	S	S	S	P
Potasse.	S	S	S	S	S	S	S	S	S	P

ACIDES.	Oxalique......	Mellitique......	Tartarique......	Citrique......	Sébacique......	Saclactique......	Malique......	Subérique......	Formique......
Cérium.	I		I	S					
Titane.	P		P						
Urane.			P						
Molybdène.	S		S						
Manganèse.	I		S						
Cobalt.			S						
Arsenic.	S		S						
Tellure.									
Antimoine.	P		S						
Bismuth.	P		I						
Zinc.			P	P			S		
Nickel.									
Oxide jaune de plomb.	P	P	I	P		I	I	I	
Etain.	S		S						
Fer.	S	P	S	S		S	S	S	
Peroxide de cuivre.	P	P	S	S	S	S	S	S	S
Palladium.									
Mercure.	P	I	I	P		I	I		
Peroxide d'argent.	P	S	S	I		I	P		
Peroxide de platine.	S								
Peroxide d'or.									
Zircone.									
Alumine.	S	I	S			I	P	S	
Glucine									
Yttria.	I		S						
Magnésie	I	I	I			I	S	S	
Chaux.	I	I	I	P	S	I	P	P	S
Strontiane.	I		P	P	S		S		
Barite.	I	I	P	P	S	I	P	P	
Ammoniaque.	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Soude.	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Potasse.	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Plusieurs de ces sels cependant quoiqu'étant indissolubles dans l'eau, sont encore susceptibles d'être solubles dans plusieurs dissolutions salines ou acides, et c'est à raison de cette circonstance que le précipité ne se manifeste pas dans tous les cas de mélange.

SECTION III.

De la précipitation.

Il résulte des observations exposées dans la précédente section, ainsi que des tables qu'on y a présentées, que les seules substances qui puissent être précipitées de leurs dissolutions sont, parmi les bases, les terres et les oxides métalliques, ainsi que parmi les acides, ceux qui sont à-peu-près indissolubles dans l'eau; tandis que toute précipitation des alcalis et des acides solubles est impossible. Il nous reste à considérer et l'état des précipités obtenus et les moyens de les produire.

Conformément à la théorie des attractions électives, une substance est précipitée lorsque son affinité pour le dissolvant est moindre que celle qu'elle a pour le précipitant. Le précipité est donc pur, et la précipitation complètement opérée si on emploie le précipitant

en quantité suffisante. Cette notion des causes et des effets de la précipitation n'est plus la même depuis que Berthollet a fait voir que, dans tous les cas, l'acide est partagé entre la base avec laquelle il étoit déja combiné et la base employée comme dissolvant, et que la quantité de l'acide qui s'en unit à chacune d'elles, dépend de l'affinité et de la quantité employée. S'il arrive que la première base soit insoluble, la portion qui en sera ainsi dégagée devra se précipiter. Par cette séparation, la masse du précipitant se trouvera augmentée relativement à celle de la base précipitée, elle agira donc avec d'autant plus d'énergie, et ainsi la quantité de cette première base précipitée en deviendra plus considérable. Mais il n'a pas été prouvé que de cette manière une substance soit capable de précipiter chaque atôme d'un autre corps, quoique, dans quelque cas, la décomposition soit si approximativement complète qu'on peut, sans erreur sensible, la considérer comme telle. C'est ce qui arrive lorsqu'on se sert de potasse ou de soude pures pour précipiter *la magnésie;* ou lorsqu'on emploie l'ammoniaque pour opérer la précipitation de l'alumine ou du peroxide de fer. Dans d'autres circonstances, l'action est très-limitée. C'est ainsi que la potasse ne paroît pas capable de préci-

piter complètement la barite ou la strontiane de leurs dissolutions dans les acides ; de même que l'ammoniaque ne peut séparer en totalité la magnésie des acides qui la dissolvent.

[*Effet de l'insolubilité.*] Lorsqu'une base à précipiter est susceptible de former un composé indissoluble avec une proportion moindre de l'acide avec lequel elle est combinée, il est évident qu'alors la précipitation commencera à avoir lieu dès que le composé sera réduit par l'action du précipitant à l'état d'insolubilité. Ces sortes de précipités ne peuvent consister dans les bases pures. Ils doivent tous être à l'état de sous-sels. Ainsi donc pour savoir si un précipité doit être ou non une base pure, il suffit de connoître la nature de tous les composés que cette base peut former avec l'acide qui la tient en dissolution. S'ils sont tous très-dissolubles, on en peut conclure que le précipité est à l'état d'une base pure ou à-peu-près telle ; mais si aucun d'eux est indissoluble, il faut s'attendre à trouver, au moins en partie, le précipité à l'état d'un sous-sel. Les terres alcalines forment à peine des sous-sels insolubles, mais l'alumine et un très-grand nombre des oxides métalliques ont cette propriété ; et c'est par cette raison que ces substances, après avoir été séparées d'un acide par la précipitation, re-

tiennent encore à l'état de précipité une certaine portion de l'acide qui leur est unie.

La tendance de plusieurs oxides métalliques à former des sous-sels est telle, qu'il suffit d'une addition d'eau pour les précipiter. C'est ce qui a particulièrement lieu avec le bismuth et l'antimoine, et avec quelques-uns des sels oxigénés de mercure.

[*Précipitation des métaux.*] La considération du phénomène de la précipitation des métaux de leurs dissolutions par le moyen d'autres métaux embarrassa pendant longtems les chimistes. Berthollet en donna l'explication en supposant que le précipité est un alliage. Cette observation est très-fondée sans doute pour quelques cas, mais elle ne peut se rapporter qu'à la couche mince du précipité qui avoisine le métal précipitant. Ainsi, par exemple, lorsque le zinc précipite le cuivre, la couche du précipité près le cylindre de zinc contient toujours un peu de ce dernier métal. La même remarque s'applique probablement au précipité de l'argent par le cuivre. Mais dans celui du cuivre par le fer, je n'ai trouvé aucun mélange de fer lorsque ce métal a été employé bien poli. L'opinion énoncée par Sylvestre, que les précipités métalliques sont toujours produits par l'action du galvanisme, me paroît être la

plus probable. C'est alors réellement l'hydrogène qui réduit et précipite les métaux dans tous les cas ; de sorte, qu'ils sont séparés ou à l'état de pureté ou à celui d'hydrogure, selon que les métaux ont ou non la propriété de se combiner avec l'hydrogène.

[*Précipitation des acides.*] Lorsque pour opérer la précipitation d'un acide soluble on emploie une base, la substance qui se dépose est toujours un composé qui consiste dans l'acide uni à la base dont on a fait usage. Dans ce cas comme dans le précédent, l'acide est ou séparé en totalité, ou sa précipitation est incomplète suivant l'énergie de la base employée et le degré d'insolubilité du sel formé.

[*Précipitation par les sels neutres.*] Lorsque c'est un sel neutre qu'on emploie comme précipitant, la substance précipitée est toujours un composé. Elle consiste dans la combinaison de l'une des parties constituantes du sel précipitant avec l'une des parties constituantes du sel en dissolution. On ne peut se servir, à cet effet, que de ceux des sels qu'on sait devoir former des composés insolubles avec l'acide ou la base dont il s'agit d'opérer la séparation ; dans ces cas la séparation est complète lorsque le nouveau sel produit est entièrement insoluble. Les sels neutres, employés

comme précipitans, remplissent en général beaucoup plus promptement et plus complètement cet objet que les bases pures ou les acides. C'est ainsi que les carbonates alcalins sont beaucoup plus efficaces pour la précipitation des terres que les alcalis purs, et que la barite est séparée plus promptement par le sulfate de soude que par l'acide sulfurique pur. Cette supériorité d'action est due, en partie, à l'action combinée de l'acide et de la base, et en partie à ce que l'action d'un sel neutre sur le précipité, est comparativement moindre que celle d'un acide ou d'un alcali.

Car ce n'est pas à raison de ce qu'ils sont insolubles dans l'eau que la précipitation des sels a lieu, mais bien parce que le liquide particulier dans lequel se produit le précipité ne peut les tenir en dissolution; et s'il arrive que ce liquide soit capable de dissoudre un sel particulier quelconque, ce sel ne se précipitera pas, quoiqu'étant même indissoluble dans l'eau. C'est par cette raison que les précipités disparoissent si souvent dans des dissolutions qui contiennent un excès d'acide ou d'alcali.

[*Séparation des sels des dissolutions.*] Lorsqu'on a mêlé ensemble différens sels, ils se séparent ou spontanément, ou par évaporation, suivant l'ordre de leur dissolubilité.

Ceux qui sont insolubles se précipitent immédiatement dans le mélange , et ceux qui sont le moins dissolubles cristallisent les premiers par l'évaporation de la dissolution. La potasse forme avec l'acide sulfurique un sel beaucoup moins dissoluble que le sulfate de soude ; c'est par cette raison qu'on lui a supposé, pour l'acide sulfurique, et par analogie pour les acides en général une affinité plus forte que celle de la soude; car en mêlant du sulfate de soude avec la plupart des sels de potasse , on obtient par l'évaporation du sulfate de potasse.

Mais dans les cas de mélanges de deux sels, leurs proportions influent beaucoup sur les sels produits. Les mêmes sels résultant d'un mélange dans une certaine proportion ne s'obtiendroient pas de ce mélange dans une proportion différente. C'est ce qui semble évident par l'exposé des expériences suivantes de Berthollet.

SELS MÊLÉS.	Proportions.	Précipité.	ÉVAPORATION. 1re.	ÉVAPORATION. 2e.	EAU MÈRE.
Nitrate de chaux. Sulfate de potasse.	1 1	Sulfate de chaux.	Nitrate de potasse ; sulfate de chaux.	Un peu de sulfate de potasse.	En petite quantité.
Idem.	1 2	*Idem.*	Sulfate de potasse ; sulfate de chaux.	Nitrate de potasse ; sulfate de *id* sulfate de chaux.	En très-petite quantité.
Idem.	2 1	*Idem.*	Sulfate de chaux ; nitrate de potasse.	Nitrate de potasse ; très-peu de sulfate de chaux.	Abondante (1).
Sulfate de soude. Nitrate de chaux.	1 1	Sulfate de chaux.	Nitrate de soude.	Nitrate de soude.	Abondante (2).
Idem.	2 1	*Idem.*	*Idem.*	*Idem.*	Abondante (3).

(1) Composée de nitrate de chaux, et de nitrate de potasse.
(2) Composée vraisemblablement de sulfate et de nitrate de soude.
(3) Composée de nitrate de soude et de chaux.

SELS MÊLÉS.	Proportions.	ÉVAPORATION. 1re.	2e.	3e.	EAU MÈRE.
Sulfate de soude. Nitrate de potasse.	1 1	Sulfate de potasse; un peu de nitrate de potasse.	Nitrate de potasse; un peu de sulfate de potasse.	Nitrate de soude; un peu de nitrate de potasse.	Considérable (1).
Idem.	2 1	Sulfate de potasse.	Sulfate de potasse; un peu de nitrate de potasse.	Sulfate de potasse; nitrate de potasse; nitrate de soude.	Considérable (1).
Nitrate de potasse. Muriate de chaux.	1 1	Nitrate de potasse.	Muriate de potasse; un peu de nitrate de potasse.	»	Abondante (2).
Idem.	1 2	Muriate de potasse.	»	»	Abondante (2)
Muriate de potasse. Nitrate de chaux.	1 1	Nitrate de potasse; du muriate de potasse.	Muriate de potasse; du nitrate de potasse.	»	Abondante (3).
Sulfate de potasse. Muriate de magnésie.	1 1	Sulfate de potasse.	Sulfate de potasse; muriate de potasse; sulfate de potasse et de magnésie.	Muriate de potasse; Sulfate de magnésie.	Considérable (3).
Idem.	1 2	*Idem.*	Muriate de potasse; sulfate de potasse et de magnésie.	*Idem.*	*Idem.*

(1) Contenant l'un et l'autre sels.
(2) Composée de nitrate et de muriate de chaux.
(3) Composée de tous les ingrédiens salins.

L'eau mère, ou le liquide qui reste après que les sels mélangés ont été séparés par la cristallisation, contient presque toujours plusieurs sels, ou plutôt leurs parties composantes dont la cristallisation a été empêchée par leur action mutuelle l'une sur l'autre; d'où il s'ensuit que la quantité de cette eau mère est d'autant plus grande que les sels sont plus solubles, c'est-à-dire qu'ils ont moins de disposition à cristalliser.

Tel est en raccourci l'exposé de l'ingénieuse doctrine de Berthollet sur la précipitation, présentée avec plus de détail dans sa Statique chimique.

SECTION IV.

De la volatilisation.

On a vu dans la précédente section que la décomposition résulte de l'insolubilité de quelques-uns des composans; elle a également lieu, suivant Berthollet, en vertu de l'élasticité de quelques-uns d'eux. Ainsi lorsqu'on verse un acide dans la dissolution d'un carbonate alcalin, l'acide carbonique prend la forme gazeuse et se dégage, et ainsi la décomposition est complète.

De même aussi, en ajoutant un alcali à une dissolution de muriate d'ammoniaque, l'ammoniaque devient élastique et s'échappe de la dissolution.

[*Effet de l'élasticité.*] Cette séparation, quoique s'opérant en sens inverse de la première, est fondée cependant sur des principes semblables. Lorsqu'on ajoute de l'acide sulfurique à du carbonate de soude, les deux acides se divisent la base entre eux, en raison de leurs affinité et quantité ; mais lorsque la proportion de la base est diminuée, l'acide carbonique est rendu en partie capable de recouvrer sa forme élastique. Il se dégage, et sa quantité devenant ainsi moindre, l'action de ce qui en reste est par conséquent plus foible. L'acide sulfurique pouvant alors agir avec plus d'énergie, il prend une plus grande portion de base ; il se fait un nouveau dégagement d'acide carbonique ; c'est ainsi que la décomposition s'opère successivement d'une manière complète, non pas en raison de ce que l'affinité de l'acide carbonique pour la soude est plus foible, mais parce que cet acide est élastique.

On peut donc établir comme règle générale que les acides élastiques sont déplacés par les acides fixes, pourvu qu'ils soient susceptibles

de supporter un degré suffisant de chaleur sans se décomposer. C'est par cette raison que les décompositions par la *voie sèche*, c'est-à-dire, celles qui ont lieu lorsqu'on provoque l'action des substances entre elles par une chaleur capable de mettre l'une d'elles à l'état de fusion, diffèrent beaucoup de celles produites lorsque l'action entre les substances s'opère dans l'eau.

C'est ainsi qu'à un degré de chaleur convenable l'ammoniaque est séparée des acides par les alcalis fixes et la plupart des terres, et que beaucoup des métaux enlèvent le soufre au mercure.

A ces effets les plus ordinaires de l'élasticité il est cependant plusieurs exceptions qui semblent dépendre de la condensation du fluide élastique, de l'intimité de son union avec l'autre corps, et de l'affinité des substances qu'on emploie pour opérer la séparation. Elles ont toutes été prises en considération et examinées avec soin par Berthollet, qui a traité ce sujet dans une grande étendue et avec cette sagacité ordinaire qui le distingue (1).

---

(1) Statique chimique. I. 308.

Table des décompositions chimiques.

I. *Alcalis.*

Acides sulfurique.
— nitrique.
— muriatique.
— phosphorique.
— fluorique.
— oxalique.
— tartarique.
— arsenique.
— succinique.
— citrique.
— formique.
— benzoïque.
— acétique.
— saclactique.
— boracique.
— sulfureux.
— nitreux.
— carbonique.
— prussique.

II. *Barite et strontiane.*

Sulfurique.
Oxalique.
Succinique.
Fluorique.
Phosphorique.
Saclactique.
Nitrique.
Muriatique.
Subérique.
Citrique.
Tartarique.
Arsenique.
Benzoïque.
Acétique.
Boracique.
Sulfureux.
Nitreux.
Carbonique.
Prussique.

III. *Chaux.*

Oxalique.
Sulfurique.
Tartarique.
Succinique.
Phosphorique.
Saclactique.
Nitrique.
Muriatique.
Subérique.
Fluorique.
Arsenique.
Citrique.
Malique.

Benzoïque
Acétique.
Boracique.
Sulfureux.
Nitreux.
Carbonique.
Prussique.

IV. *Magnésie.*

Oxalique.
Phosphorique.
Sulfurique.
Fluorique.
Arsenique.
Saclactique.
Succinique.
Nitrique.
Muriatique.
Tartarique.
Citrique.
Malique.
Benzoïque.
Acétique.
Boracique.
Sulfureux.
Nitreux
Carbonique.
Prussique.

V. *Alumine.*

Sulfurique.
Nitrique.
Muriatique.
Oxalique.
Arsenique.
Fluorique.
Tartarique.
Succinique.
Saclactique.
Citrique.
Phosphorique.
Benzoïque.
Acétique.
Boracique.
Sulfureux.
Nitreux.
Carbonique.
Prussique.

VI. *Oxide d'or.*

Acides muriatique.
— nitrique.
— sulfurique.
— arsenique.
— fluorique.
— tartarique.
— phosphorique.
— prussique.

VII. *Oxide d'argent.*

Acides muriatique.
— oxalique.

— sulfurique.
— saclactique.
— phosphorique.
— sulfureux.
— nitrique.
— arsenique.
— fluorique.
— tartarique.
— citrique.
— formique.
— acétique.
— succinique.
— prussique.
— carbonique.

VIII. *Oxide de mercure.*

Acides muriatique.
— oxalique.
— succinique.
— arsenique.
— phosphorique.
— sulfurique.
— saclactique.
— tartarique.
— citrique.
— sulfureux.
— nitrique.
— fluorique.
— acétique.
— boracique.
— prussique.
— carbonique.

IX. *Oxide de cuivre.*

Acides oxalique.
— tartarique.
— muriatique.
— sulfurique.
— saclactique.
— nitrique.
— arsenique.
— phosphorique.
— succinique.
— fluorique.
— citrique.
— formique.
— acétique.
— boracique.
— prussique.
— carbonique.

X. *Oxide de fer.*

Acides oxalique.
— tartareux.
— camphorique.
— sulfurique.
— saclactique.
— muriatique.
— nitrique.
— phosphorique.
— arsenique.
— fluorique.
— succinique.

— citrique.
— formique.
— acétique.
— boracique.
— prussique.
— carbonique.

XI. *Oxide de nickel.*

Acides oxalique.
— muriatique.
— sulfurique.
— tartarique.
— nitrique.
— phosphorique.
— fluorique.
— saclactique.
— succinique.
— citrique.
— formique.
— acétique.
— arsenique.
— boracique.
— prussique.
— carbonique.

XII. *Oxide d'étain.*

Acides tartarique.
— muriatique.
— sulfurique.
— oxalique.
— arsenique.
— phosphorique.
— nitrique.
— succinique.
— fluorique.
— saclactique.
— citrique.
— formique.
— acétique.
— boracique.
— prussique.

XIII. *Oxide de plomb.*

Acides sulfurique.
— saclactique.
— oxalique.
— arsenique.
— tartarique.
— muriatique.
— phosphorique.
— sulfureux.
— subérique.
— nitrique.
— fluorique.
— citrique.
— formique.
— acétique.
— boracique.
— prussique.
— carbonique.

XIV. *Oxide de zinc.*

Acides oxalique.

— sulfurique.
— muriatique.
— saclactique.
— nitrique.
— tartarique.
— phosphorique.
— citrique.
— succinique.
— fluorique.
— arsenique.
— formique.
— acétique.
— boracique.
— prussique.
— carbonique.

XV. *Oxide de bismuth.*

Acides oxalique.
— arsenique.
— tartarique.
— phosphorique.
— sulfurique.
— muriatique.
— benzoïque.
— nitrique.
— fluorique.
— saclactique.
— succinique.
— citrique.
— formique.
— acétique.
— prussique.
— carbonique.

XVI. *Oxide d'antimoine.*

Acides muriatique.
— benzoïque.
— oxalique.
— sulfurique.
— nitrique.
— tartarique.
— saclactique.
— phosphorique.
— citrique.
— succinique.
— fluorique.
— arsenique.
— formique.
— acétique.
— boracique.
— prussique
— carbonique.

XVII. *Oxide d'arsenic.*

Acides muriatique.
— oxalique.
— sulfurique.
— nitrique.
— tartarique.
— phosphorique.
— fluorique.
— saclactique.
— succinique.
— citrique.

— formique.
— arsenique.
— acétique.
— prussique.

XVIII. *Oxide de cobalt.*

Acides oxalique.
— muriatique.
— sulfurique.
— tartarique.
— nitrique.
— phosphorique.
— fluorique.
— saclactique.
— succinique.
— citrique.
— formique.
— acétique.
— arsenique.
— boracique.
— prussique.
— carbonique.

XIX. *Oxide de manganèse.*

Acides oxalique.
— citrique.
— phosphorique.
— tartarique.
— fluorique.
— muriatique.
— sulfurique.
— nitrique.
— saclactique.
— succinique.
— formique.
— acétique.
— prussique.
— carbonique.

XX. *Oxide de titane.*

Acides phosphorique.
— arsenique.
— oxalique.
— sulfurique.
— muriatique.
— nitrique.
— acétique.

XXI. *Acide sulfurique.*

Barite.
Strontiane.
Potasse.
Soude.
Chaux.
Magnésie.
Ammoniaque.
Glucine.
Yttria.
Alumine.
Zircone.

XXII. *Acide sulfureux.*

Barite.
Chaux.
Potasse.
Soude.
Strontiane.
Magnésie. }
Ammoniaque. }
Glucine.
Alumine.
Zircone.

XXIII. *Acide phosphorique.*

Barite.
Strontiane.
Chaux.
Potasse.
Soude.
Ammoniaque.
Magnésie.
Glucine.
Alumine.
Zircone.

XXIV. *Acide phosphoreux.*

Chaux.
Barite.
Strontiane.
Potasse.
Soude.
Ammoniaque.
Glucine.
Alumine.
Zircone.

XXV. *Acide carbonique.*

Barite.
Strontiane.
Chaux.
Potasse.
Soude.
Magnésie.
Ammoniaque.
Glucine.
Zircone.

XXVI. *Acide nitrique.*

Barite.
Potasse.
Soude.
Strontiane.
Chaux.
Magnésie.
Ammoniaque.
Glucine.
Alumine.
Zircone.

XXVII et XXVIII. *Acides muriatique et acétique.*

Barite.
Potasse.
Soude.
Strontiane.
Chaux.
Ammoniaque.
Magnésie.
Glucine.
Alumine.
Zircone.

XXIX. *Acide oximuriatique.*

Potasse.
Soude.
Barite.
Strontiane.
Chaux.
Ammoniaque.
Magnésie.
Alumine.

XXX, XXXI, XXXII et XXXIII. *Acides fluorique, boracique, arsenique et tungstique.*

Chaux.
Barite.
Strontiane.
Magnésie.
Potasse.
Soude.
Ammoniaque.
Glucine.
Alumine.
Zircone.

XXXIV. *Acide oxalique.*

Chaux.
Barite.
Strontiane.
Magnésie.
Potasse.
Soude.
Ammoniaque.
Alumine.

XXXV. *Acide citrique.*

Chaux.
Barite.
Strontiane.
Magnésie.
Potasse.
Soude.
Ammoniaque.
Alumine.
Zircone.

XXXVI. *Acide benzoïque.*

Potasse.
Soude.
Ammoniaque.
Barite.
Chaux.
Magnésie.
Alumine.

XXXVII. *Acide succinique.*

Barite.
Chaux.
Potasse.
Soude.
Ammoniaque.
Magnésie.
Alumine.

XXXVIII. *Acide camphorique.*

Chaux.
Potasse.
Soude.
Barite.
Ammoniaque.
Alumine.
Magnésie.

XXXIX. *Acide subérique.*

Barite.
Potasse.
Soude.
Chaux.
Ammoniaque.
Magnésie.
Alumine.

XL. *Acide prussique.*

Barite.
Strontiane.
Potasse.
Soude.
Chaux.
Magnésie.
Ammoniaque.

XLI. *Huiles fixes.*

Chaux.
Barite.
Alcalis fixes.
Magnésie.
Ammoniaque.
Oxide de mercure.
Autres oxides métalliques.
Alumine.

SECONDE PARTIE.

Examen chimique de la nature.

Après avoir présenté l'exposition complète des principes de la chimie, et donné une description détaillée des substances diverses dont la connoissance est nécessaire pour l'étude et la pratique de cette science, je me propose de considérer ces différentes substances telles qu'elles existent comme constituant matériellement le globe. Nous pourrons ainsi nous assurer jusqu'à quel point il est possible avec le secours de la chimie d'expliquer leur nature et de rendre raison des changemens qu'elles produisent les unes sur les autres. Or on peut concevoir la composition de l'ensemble du globe, autant qu'il est en notre pouvoir de la reconnoître, comme essentiellement formée de la manière suivante :

1. De l'atmosphère.
2. Des eaux.
3. Des minéraux.
4. Des végétaux.
5. Des animaux.

La considération de chacune de ces divisions sera l'objet des cinq livres qui suivent.

LIVRE Ier.

De l'atmosphère.

L'atmosphère est ce fluide élastique invisible qui environne la terre à une hauteur qui nous est inconnue, et qui l'enveloppe de tous côtés. Ce fluide fut ainsi nommé par les Grecs, à raison des vapeurs qui s'y trouvent continuellement mêlées. Lorsque le chimiste porte son attention sur l'atmosphère, il est deux choses qui doivent naturellement la fixer; d'abord la recherche des substances qui la composent, et ensuite la détermination des changemens dont elle est susceptible. Je diviserai donc ce livre en deux chapitres, dont l'un sera consacré à l'examen des parties constituantes de l'atmosphère; et dont l'autre, sous le titre de *météorologie*, traitera des changemens qu'elle peut éprouver.

CHAPITRE PREMIER.

Composition de l'atmosphère.

[*Opinions des anciens.*] Les anciens ne paroissent pas s'être beaucoup occupés ni des propriétés, ni de la composition de l'atmosphère. Aristote la considéra comme un des quatre élémens placé entre les régions de l'*eau* et du *feu*, et mélangé avec deux *exhalaisons*, l'une *sèche*, et l'autre *humide.* C'est à la première de ces exhalaisons qu'il attribuoit la formation du tonnerre, des éclairs et du vent; la seconde produisoit la pluie, la neige et la grêle. Les anciens semblent, en général, avoir regardé la couleur bleue du firmament comme essentielle à l'atmosphère; et plusieurs de leurs physiciens pensoient que cet air étoit le principe constituant d'autres corps, ou, au moins, que cet air et d'autres corps sont réciproquement convertis les uns dans les autres (1).

(1) Ainsi on lit dans Lucrèce :

Semper enim quodcumque fluit de rebus, id omne
Aeris in magnum fertur mare : qui nisi contrà
Corpora retribuat rebus, recreetque fluenteis,

Mais ces opinions restèrent dans le vague des conjectures jusqu'à ce que la matière eût été éclaircie par la sagacité de Hales et de ceux des savans qui suivirent son illustre carrière.

[*Découvertes des modernes.*] Nous n'en étions pas encore au tems de Bacon, qui le premier apprit aux hommes à examiner les phénomènes de la nature, que déja on s'occupoit de recherches précises sur l'atmosphère. Galilée en commença l'étude en faisant voir qu'elle étoit pesante; propriété qui bientôt après fut mise dans son plus grand jour par Toricelli, Pascal, etc. Celles de sa densité et de son élasticité furent reconnues par Boyle et par les académiciens de Florence. Mariote mesura sa dilatabilité; Hooke, Newton, Boyle, Derham découvrirent ses rapports avec la lumière, le son et l'électricité. Newton expliqua les effets qu'elle éprouve de l'humidité; d'où Halley essaya de déduire la cause des variations dans son poids indiquées par le baromètre. Mais une énumération complète des découvertes qui ont été faites sur l'atmosphère est en général du

---

Omnia jam resoluta forent, et in aera versa.
Haud igitur cessat gigni de rebus, et in res
Recidere assidue, quoniam fluere omnia constat.

Lib. V. 274.

ressort de la *pneumatique*, science qui a essentiellement pour objet la considération des propriétés mécaniques de l'air.

La connoissance des parties composantes de l'atmosphère ne marcha pas de pair avec la recherche de ses propriétés mécaniques. Les opinions des plus anciens chimistes à ce sujet sont trop vagues et trop absurbes pour mériter aucune mention particulière. Cependant, Boyle et ses contemporains, mirent ce fait hors de doute que l'atmosphère contenoit deux substances distinctes.

[*Parties constituantes de l'atmosphère.*] 1°. Un fluide élastique qu'ils distinguèrent par le nom d'*air*; 2°. de l'eau à l'état de vapeur. Outre ces deux corps, on supposa qu'il existoit encore dans l'atmosphère une grande variété d'autres substances, qui s'y mêloient continuellement en se dégageant de la terre, qui souvent en altéroient les propriétés et la rendoient nuisible ou pernicieuse. Depuis la découverte par le docteur Black du gaz acide carbonique, on s'est assuré que ce fluide élastique entre toujours dans la composition de l'atmosphère, et que par conséquent, ses parties constituantes sont : 1°. l'air; 2°. l'eau; 3°. le gaz acide carbonique; 4°. des corps inconnus.

Nous traiterons séparément de chacune de ces

parties dans les quatre sections suivantes. Mais avant de procéder à l'examen de leurs propriétés, et à la détermination de leur proportion dans l'air, il sera bon d'essayer de connoître par le calcul la masse totale de l'atmosphère qui environne la terre. Cette évaluation nous donnera les moyens d'établir celle de ses différentes parties constituantes, et par conséquent de nous assurer jusqu'à quel point les quantités de chacune d'elles s'accordent avec les diverses théories chimiques concernant l'influence de ces corps sur les différens règnes de la nature.

[*Quantité absolue de l'atmosphère.*] Il a été démontré, que le poids d'une colonne de l'atmosphère, dont la base est de 645 millim. carrés, est égal à celui d'une colonne de mercure de même base dans le tube barométrique, ou que cette colonne de l'atmosphère fait équilibre à celle de mercure. Or supposons que la hauteur moyenne du baromètre soit d'environ 760 millimètres. Soit R le rayon de la terre; r la hauteur du mercure dans le baromètre; ω le rapport entre la circonférence d'un cercle et son diamètre; la solidité de la terre est $\frac{4\,\omega\,R^3}{3}$; la solidité de la sphère composée de la terre, et d'une quantité de mercure environnant égale au poids de l'atmosphère, est

$\frac{4\omega(R+r)^3}{3}$; par conséquent la solidité de la sphère creuse de mercure égale au poids de l'atmosphère est . . . .

$$\frac{4\omega(R+r)^3}{3} - \frac{4\omega R^3}{3} = 4\omega\left(R^2r + r^2R + \frac{r^3}{3}\right),$$

ou, en négligeant les termes contenant r^2 et r^3, $4\omega R^2 r$. Cette formule, en substituant à ω, R^2 et r, leurs valeurs connues, donne la solidité de la sphère creuse de mercure en mesures cubiques. Mais comme 28300 centim. cubes de mercure (ou le pied cube anglais) pèsent environ 3,822, 250 grammes, on aura, pour le poids total moyen de l'atmosphère, environ 5,395,756, 941,947,956,364 kilogram.

SECTION PREMIÈRE.

De l'air.

[*L'air est un fluide élastique.*] Il paroît qu'on se servit d'abord du mot AIR pour désigner en général l'atmosphère; mais depuis, la signification de ce terme fut restreinte par les physiciens, et elle ne s'appliqua plus qu'au fluide élastique qui constitue la plus grande et la plus importante partie de l'atmosphère, abstraction faite des autres corps étrangers qui s'y trouvent accidentellement mêlés. On considéra

pendant très-longtems comme air, qu'on supposoit avoir exactement les mêmes propriétés que celui de l'atmosphère, tous les fluides élastiques permanens, quelles que fussent les combinaisons dont ils étoient dégagés. Van Helmont soupçonna, il est vrai, que les fluides élastiques jouissoient de propriétés différentes; et Boyle aussi s'étoit assuré que tous n'étoient pas capables d'entretenir la combustion comme l'air. Mais ce ne fut qu'à l'époque des découvertes de Cavendish et de Priestley, d'où résulta la connoissance des propriétés particulières d'un grand nombres de fluides élastiques, que les physiciens commencèrent à se persuader qu'il en existoit en effet de différentes espèces. En conséquence de cette découverte, le mot *air* devint générique : il fut donné par Priestley, et en général par les physiciens anglais et suédois, à tous les fluides élastiques permanens, et l'air de l'atmosphère fut distingué en le qualifiant particulièrement d'air *ordinaire* ou *atmosphérique*. Cependant Macquer pensa qu'il étoit plus convenable de se servir du terme *gaz*, que Van Helmont avoit d'abord employé, pour désigner tous les fluides élastiques permanens autres que l'air atmosphérique, et de réserver exclusivement la dénomination d'*air* à ce dernier fluide. Cette innovation ne présentoit rien de bien nécessaire; mais comme elle est

aujourd'hui généralement adoptée, il convient de s'y conformer. Ainsi donc par le mot *air*, je n'entendrai parler dans cette section que de l'*air* ordinaire, ou du fluide qui constitue en plus grande partie l'atmosphère.

Les substances étrangères en état de mélange avec l'air, ou qui lui sont unies dans la composition de l'atmosphère, sont en quantités si petites comparativement à l'air, qu'elles ne peuvent pas influer d'une manière sensible sur ses propriétés. On peut donc considérer l'air atmosphérique, dans son état habituel de sécheresse, comme étant suffisamment pur pour être examiné.

[*Pesanteur spécifique.*] 1. L'air est un fluide élastique, invisible à la vérité, mais facilement reconnoissable par ses propriétés. On exprime ordinairement par 1.000 sa pesanteur spécifique, sous la pression barométrique de 760 millimètres, à une élévation du thermomètre entre 10 et 15°.55 centigr., conformément aux expériences de Sir George Shuckburgh. Il est 816 fois plus léger que l'eau; un décimètre cube d'air atmosphérique pèse environ 1225 milligr.

[*Densité.*] L'air étant un fluide élastique, et comprimé à la surface de la terre par tout le poids des couches supérieures de l'atmosphère, sa densité diminue selon qu'il est plus élevé

au-dessus de la surface de la terre. Par les expériences de Pascal, de Deluc, du général Roy, etc., il a été reconnu que cette diminution de la densité a lieu en proportion de la diminution de la compression. Il s'ensuit que la densité décroît en progression géométrique, tandis que les hauteurs augmentent en progression arithmétique.

Bouguer avoit soupçonné, d'après ses observations faites sur les Andes, qu'à des hauteurs considérables la densité de l'air cesse d'être proportionnelle à la force qui le comprime (1); mais les expériences de Saussure le jeune sur le Mont-Rose ont démontré le contraire (2).

[*Couleur.*] 2. Quoique nous ayons bien la certitude que le ciel est de couleur bleue, on ne peut cependant pas douter que l'air lui-même ne soit entièrement incolore et invisible. Cette couleur bleue du firmament est due aux vapeurs qui sont toujours mêlées avec l'air, et qui ont la propriété de réfléchir le rayon bleu beaucoup plus abondamment qu'aucun autre. C'est ce qui a été prouvé par les expériences que fit Saussure avec son *cyanomètre*, à différentes hauteurs au-dessus de la surface de

(1) Mém. par. 1753, p. 515.
(2) Jour. de phys. XXXVI. 98.

la terre. Cet instrument consistoit dans une bande circulaire de papier, divisées en 51 parties, dont chacune étoit colorée en un bleu d'une nuance différente, depuis le plus foncé mêlé avec le noir, jusqu'au plus clair mêlé avec le blanc. Il trouva que la couleur du ciel correspond toujours à une nuance de bleu plus foncée à mesure que l'observateur se trouve placé à une plus grande hauteur au-dessus de la surface de la terre; et par conséquent à une certaine élévation, la couleur bleue finira par disparoître entièrement, et le ciel semblera noir; c'est-à-dire qu'il ne réfléchira plus du tout de lumière. La couleur bleue devient toujours plus claire en proportion de ce que les vapeurs en état de mélange avec l'air sont plus abondantes. Il s'ensuit donc évidemment que cette couleur provient de ces vapeurs (1).

[*Composition.*] 3. L'air fut considéré pendant bien des siècles comme un élément ou comme une substance simple. C'est aux travaux de ceux des savans qui ont fait faire des progrès si rapides à la chimie dans les 40 dernières années du 18e. siècle, qu'on doit la connoissance de ses parties composantes. Ce qui mit d'abord sur la voie qui y a conduit, ce fut la découverte

(1) Saussure, Voyages dans les Alpes. IV. 288.

du gaz oxigène par Priestley, en 1774. Suivant la théorie qui prévaloit alors, il considéra ce gaz oxigène comme l'air entièrement dépouillé de phlogistique; tandis que d'un autre côté l'air en étoit saturé dans le gaz azote. Ainsi, l'air commun étoit le gaz oxigène combiné avec le phlogistique en proportion indéfinie, et variant dans son degré de pureté suivant cette proportion; le plus pur étant toujours celui qui contenoit le moins de phlogistique.

Pendant que le docteur Priestley s'occupoit d'expériences sur le gaz oxigène, Schéele procédoit d'une manière différente à l'analyse de l'air. Il observa que les sulfures liquides, le phosphore et différens autres corps, lorsqu'ils sont renfermés avec l'air, ont la propriété d'en diminuer le volume; et que cette diminution s'élève toujours à une certaine proportion, qu'il trouva être entre les 0.33 et les 0.25 du tout. Le résidu incapable d'entretenir la flamme, n'étoit plus susceptible de diminution par aucun des procédés qui opèrent celle de l'air ordinaire. Il donna à ce résidu le nom d'*air vicié* ou air *corrompu*. Il conclut, de ces expériences, que l'air est composé de deux fluides élastiques différens; savoir: *l'air vicié*, qui constitue au-delà des 0.66 du tout, et *un autre air*, qui peut seul entretenir la combustion et

la vie des animaux. Cette dernière espèce d'air, qu'il dégagea, par la chaleur, du nitrate de potasse, de l'oxide noir de manganèse et d'autres substances, il l'appela *air empirée* ou *air du feu*. Il fit voir que dans un mélange de deux parties d'air vicié et d'une partie d'air empirée, on retrouve les propriétés de l'air commun (1).

L'air vicié de Schéele étoit le même que l'air phlogistiqué de Priestley, ou que celui que nous connoissons actuellement sous le nom de *gaz azote*. Son air empirée étoit l'air déphlogistiqué de Priestley, ou celui qui s'appelle à présent *gaz oxigène*. L'air est donc, suivant Schéele, un composé de deux parties de gaz azote et d'une partie de gaz oxigène. Il rendoit raison de la diminution de l'air par les sulfures liquides et autres corps semblables au moyen de sa théorie de la formation du calorique, qu'il considéroit comme un composé de phlogistique et de gaz oxigène. Suivant lui, le phlogistique du sulfure, en se combinant avec l'oxigène de l'air, passe à travers les vaisseaux à l'état de calorique, et le gaz azote, qui n'a aucune affinité pour le calorique, reste.

Tandis que Schéele suivoit le cours de ses

---

(1) Schéele, *on Air and Fire*, p. 7, etc. Engl. Trans.

expériences sur l'air, Lavoisier travailloit avec assiduité sur le même sujet, et par une route différente, il se trouva amené précisément aux mêmes conclusions que Schéele. En oxidant le mercure dans un vaisseau rempli d'air ordinaire, et chauffé au terme de l'ébullition du mercure, il enlevoit à cet air la plus grande partie de son gaz oxigène; puis en chauffant l'oxide rouge de mercure ainsi formé, il le reconvertissoit en mercure, tandis qu'en même tems, il y avoit dégagement de gaz oxigène. Le résidu, dans la première expérience, avoit les propriétés du gaz azote; mais en y ajoutant le gaz oxigène retiré du mercure, le mélange reprenoit les propriétés de l'air commun. Il en conclut que cet air est composé de gaz azote et de gaz oxigène; et, par un grand nombre d'expériences diverses, il en détermina les proportions à 73 parties de gaz azote et 27 parties de gaz oxigène. Il démontra, aussi, que lors de la diminution que font éprouver à l'air les sulfures liquides, les métaux, etc., le gaz oxigène qui en est soustrait, se combine avec les sulfures, etc., et les convertit en acides ou en oxides suivant leur nature respective.

[*L'air composé de gaz oxigène et de gaz azote.*] L'air étant ainsi reconnu un composé des gaz oxigène et azote, il devenoit d'une

grande importance de déterminer la proportion de ces deux principes dans sa composition, et de s'assurer si dans tous les cas elle est la même. Puisque le gaz azote, qui est une des parties constituantes de l'air atmosphérique, ne peut être mis à l'état de séparation par aucune autre substance connue des chimistes, on ne peut entreprendre l'analyse de l'air qu'en le soumettant à l'action de ceux des corps qui ont la propriété d'absorber son oxigène. Par ces corps, le gaz oxigène étant séparé, et le gaz azote laissé seul, la proportion du gaz oxigène peut être évaluée par la diminution du volume de l'air; et cette proportion une fois connue, il est facile d'en déduire celle du gaz azote, et de parvenir ainsi à la détermination exacte des quantités relatives des parties composantes de l'air.

[*Méthode d'évaluation des proportions des parties constituantes de l'air.*] Lorsque la composition de l'atmosphère eut été connue des physiciens, ils s'accordèrent à la considérer comme susceptible de variation dans sa proportion d'oxigène, à différens tems et en différens lieux, et à faire dépendre de cette variation la pureté ou les qualités nuisibles de l'air. Ce fut donc alors un objet du plus grand intérêt que la recherche d'une méthode facile de détermination de la quantité d'oxigène

contenue dans une portion donnée d'air. Il en fut, en conséquence, proposé plusieurs, fondées toutes sur la propriété que beaucoup de corps ont d'absorber l'oxigène de l'air, sans avoir d'action sur son azote. On mêloit ces corps avec une certaine quantité connue d'air atmosphérique dans des vaisseaux de verre gradués renversés sur l'eau, et on déduisoit la proportion d'oxigène de la diminution de volume. Ces instrumens reçurent le nom d'*eudiomètres*, parce qu'on les considéra comme servant à mesurer la pureté de l'air. On peut réduire à cinq le nombre de ceux de ces instrumens proposés et employés par différens chimistes.

[*Eudiomètres de Priestley et de Fontana.*]

1. Le premier eudiomètre fut établi en conséquence de la découverte que fit le docteur Priestley, qu'en mêlant ensemble du gaz nitreux et de l'air, et en tenant sur l'eau ce mélange, son volume diminue rapidement, à raison de la combinaison du gaz avec l'oxigène de l'air, et de l'absorption par l'eau de l'acide nitrique qui se forme ainsi.

Lorsqu'on mêle du gaz nitreux avec du gaz azote, le mélange n'éprouve aucun changement dans son volume; lorsque c'est avec le gaz oxigène qu'on mêle le gaz nitreux dans les

proportions convenables, l'absorption est complète. Il en résulte donc évidemment, que dans tous les cas de mélange de gaz nitreux et d'air, la diminution sera proportionnelle à la quantité d'oxigène, et que par conséquent, cette diminution indiquera la proportion d'oxigène dans l'air. Ainsi, en mêlant du gaz nitreux avec différentes proportions d'air, on connoîtra les quantités diverses d'oxigène qui y sont contenues, pourvu que les parties composantes de l'air soient susceptibles de variation. La méthode du docteur Priestley consistoit à mêler ensemble, dans une cloche, ayant peu de hauteur, des volumes égaux d'air et de gaz nitreux, et à introduire ensuite le mélange dans un tube de verre gradué et étroit, d'environ 900 millimètres de long, afin de pouvoir mesurer la diminution du volume. Il exprimoit cette diminution par le nombre de parties restantes. Ainsi, en supposant que Priestley eût mêlé ensemble parties égales de gaz nitreux et d'air, et que la quantité totale de ce mélange fût 200; supposant encore que le résidu mesuré dans le tube gradué, ne fût plus que de 104, et que par conséquent 96 parties du mélange eussent disparu, il dénotoit la pureté de l'air ainsi essayé par 104. Le docteur Falconer de Bath inventa un instrument beaucoup

plus convenable encore; et cette méthode de mesurer la pureté de l'air fut grandement perfectionnée par Fontana. Ingenhousz donna une description de son eudiomètre dans le premier volume de ses expériences; mais ce fut Cavendish qui rendit cet instrument d'une précision telle qu'on put parvenir à obtenir par son moyen l'indication exacte des parties constituantes de l'air. La manière de s'en servir étoit d'introduire 125 mesures de gaz nitreux dans un vaisseau de verre, et d'y faire passer ensuite très-lentement 100 mesures de l'air à examiner, en agitant pendant tout le tems le vaisseau contenant le gaz nitreux. La diminution de volume, lorqu'on opéroit ainsi, étoit presque toujours uniforme. La plus considérable s'élevoit à 110, la moindre à 106.8, et celle moyenne à 108.2. Il trouva que la variation dans cette diminution de volume dépendoit, non de l'air essayé; mais de l'état de l'eau dans laquelle se faisoit l'expérience. Si elle avoit lieu d'une manière inverse, c'est-à-dire en faisant passer le gaz nitreux dans l'air atmosphérique, il y employoit 100 mesures du gaz nitreux et 100 mesures d'air, et la diminution n'étoit alors que de 90 mesures.

La diminution constante de volume dans toutes les différentes espèces d'air atmosphé-

rique que Cavendish essaya, le porta à conclure que dans cet air la proportion entre l'oxigène et l'azote ne varie pas. Pour trouver la quantité absolue d'oxigène qui y existe, il fit des mélanges de gaz oxigène et de gaz azote, dans des proportions diverses, et il s'assura que celui de 10 mesures du gaz oxigène, le plus pur qu'il lui fut possible de se procurer, et de 38 mesures de gaz azote, éprouvoit exactement par le gaz nitreux la même diminution dans son volume que l'air atmosphérique. Il en conclut que cet air est composé de 10 parties en volume d'oxigène et de 38 parties d'azote, et que, par conséquent, la proportion de ses parties constituantes est de

79.16	Azote.
20.84	Oxigène.
100.00	

ou à-peu-près des 0.21 de gaz oxigène (1).

[*Méthode de Dalton.*] D'autres physiciens qui ne mettoient pas dans leurs expériences cette précision rigoureuse qui caractérise toujours celles de Cavendish, obtenoient des résultats variables de l'emploi du gaz nitreux comme eudiomètre. La plupart des circonstances qui

(1) Phil. Trans. 1783, p. 107.

peuvent donner lieu à variation furent indiquées par Cavendish ; mais elles semblent avoir échappé à l'observation des chimistes qui vinrent après lui. Humboldt essaya en vain de rendre exact l'eudiomètre de Fontana ; mais Dalton a dernièrement donné d'une manière très-lumineuse l'explication des anomalies. Suivant lui les gaz nitreux et oxigène peuvent s'unir dans deux proportions ; 21 mesures de gaz oxigène peuvent s'unir avec 36 mesures de gaz nitreux ou avec deux fois 36=72 mésures de ce gaz. Les composés résultant de ces combinaisons sont l'un et l'autre dissolubles dans l'eau. Si le tube avec lequel on opère est large, une portion considérable du gaz nitreux arrive tout d'un coup en contact avec le gaz oxigène, et par conséquent, ce dernier gaz se combine avec un maximum de gaz nitreux et sur-tout si on agite. Dans un tube étroit, l'oxigène ne s'unit au gaz nitreux qu'avec le minimum de proportion, si, en s'abstenant de toute agitation, on introduit aussitôt le résidu dans un autre vaisseau. L'emploi des gaz dans des proportions intermédiaires à celles-ci produit une absorption entre le maximum et le minimum. Dalton recommande de ne se servir que d'un tube étroit, de n'opérer qu'avec la proportion de gaz nitreux né-

cessaire pour le minimum de combinaison, de ne point agiter et de transvaser le gaz dans un autre tube dès que la diminution de volume est effectuée. A 100 mesures d'air, ajoutez-en environ 36 de gaz nitreux, faites note de la diminution de volume et multipliez par 0.368, le produit sera le volume de l'oxigène dans l'air examiné (1).

[*Méthode de Davy.*] Pour faire disparoître les anomalies qui avoient embarrassé les premiers expérimentateurs, Davy proposa d'employer le gaz nitreux dans un état différent. Après avoir fait absorber de ce gaz jusqu'à saturation par un sulfate ou par un muriate de fer, il se servoit du liquide brun qu'il obtenoit ainsi pour dépouiller l'air de son oxigène. On plonge dans la dissolution nitreuse un petit tube de verre gradué rempli de l'air à essayer, en le remuant un peu en avant et en arrière. L'oxigène est absorbé en totalité dans quelques minutes. Il faut noter avec soin l'état de plus grande absorption, car le mélange émet ensuite un peu de gaz qui altéreroit le résultat. C'est par ce moyen que Davy examina l'air à Bristol, et qu'il le trouva contenir environ les 0.21 d'oxigène. De l'air envoyé de la côte de Guinée par le

(1) Dalton, Phil. Mag. XXIII. 351.

docteur Beddoes, donna exactement le même résultat.

[*Méthode de Schéele.*] 2. C'est à Schéele qu'appartient la seconde espèce d'eudiomètre. C'est tout simplement un vase de verre gradué, contenant une quantité donnée d'air qu'on soumet à l'action de sulfures alcalins ou terreux liquides nouvellement préparés, ou à un mélange de limaille de fer et de soufre, mis à l'état de pâte avec de l'eau. Ces substances absorbent tout l'oxigène de l'air et cet oxigène convertit une portion du soufre en acide. On juge de la quantité qui en est contenue dans l'air ainsi examiné par la diminution de volume qu'il a éprouvée. Cette méthode est non-seulement extrêmement simple, mais encore elle exige très-peu d'adresse, et cependant elle est autant que toute autre, susceptible d'une grande exactitude.

La seule objection à laquelle elle puisse donner lieu est celle de la lenteur de son effet; car, si la quantité d'air sur lequel on opère est considérable, il peut s'écouler plusieurs jours avant que la diminution de volume soit parvenue à son maximum.

[*Cette méthode perfectionnée par de Marty.*] Mais cette objection contre la méthode de Schéele a été complètement détruite par la

perfection que M. de Marty a donnée à l'eudiomètre de ce physicien. Il trouva que l'emploi d'un mélange de limaille de fer et de soufre n'est pas convenable parce qu'il exhale une petite quantité de gaz hydrogène, dégagé par l'action sur le fer de l'acide sulfurique formé; mais qu'on remplissoit parfaitement bien l'objet au moyen de sulfures hydrogurés, obtenus en faisant bouillir ensemble du soufre et de la potasse liquide ou de l'eau de chaux. Ces substances nouvellement préparées ont bien, à la vérité, la propriété d'absorber une petite portion de gaz azote; mais elles perdent cette propriété lorsqu'elles sont saturées de ce gaz, ce qui s'opère facilement en les agitant pendant quelques minutes, avec une petite portion d'air atmosphérique. L'appareil de de Marty consiste dans un tube de verre de 250 millimètres de longueur, d'environ 10 à 12 millim. de diamètre, ouvert à l'une de ses extrémités et scellé hermétiquement à l'autre. Le tube du côté de son extrémité fermée est divisé en cent parties égales, ayant un intervalle d'environ 2 millimètres entre chaque division. Ce tube sert à mesurer la portion d'air à employer dans l'expérience. Après l'avoir rempli d'eau, on la laisse écouler insensiblement en tenant le tube renversé et le doigt appliqué sur son extrémité ouverte,

ayant soin de l'en retirer de manière que la portion graduée du tube se remplisse ainsi exactement d'air. On introduit ensuite ces cent parties d'air dans un flacon de verre rempli de sulfure de chaux liquide, préalablement saturé de gaz azote, et pouvant tenir de deux à quatre fois le volume de l'air admis. On ferme alors le flacon avec un bouchon de verre usé à l'éméri, et on l'agite pendant cinq minutes. Au bout de ce tems on le débouche sous l'eau, et pour plus grande sûreté on peut l'y fermer et l'agiter encore. Après cela, on introduit de nouveau l'air dans le tube de verre gradué, afin de reconnoître la diminution de son volume (1).

L'air analysé par ce procédé éprouve absolument la même diminution dans quelques circonstances que l'expérience se fasse. Que le vent soit haut ou bas, ou de quelque partie qu'il soufle; que l'air essayé soit humide ou sec, chaud ou froid; quelle que soit l'élévation du baromètre, la saison de l'année et la situation du lieu dans le voisinage de la mer, des marais ou sur des montagnes; il n'y a aucune différence dans les résultats. M. de Marty trouva constamment la diminution entre les 0.21 et les 0.23.

(1) Jour. de phys. LIII. 176.

[*Eudiomètre de Volta.*] 3. La 3e. espèce d'eudiomètre fut proposée par Volta. C'est par le gaz hydrogène qu'il opéroit la séparation de l'oxigène dans l'air dont il vouloit reconnoître le degré de pureté. Sa méthode consistoit à introduire dans un tube de verre gradué, des mélanges en proportions données de gaz hydrogène et de l'air à essayer, et de les allumer ensuite par l'étincelle électrique. Il jugeoit de la pureté de l'air par le volume du résidu. Ce moyen eudiométrique a été examiné dernièrement par Gay-Lussac et Humboldt qui l'ont trouvé d'une grande précision. C'est une des plus simples et des plus élégantes méthodes d'évaluer la proportion d'oxigène dans l'air. Dans des mélanges de 100 mesures de gaz hydrogène avec 200 ou tout autre plus grand nombre de mesures de gaz oxigène jusqu'à 900, la diminution de volume, après la détonation complète, est toujours de 146 mesures. On obtient la même diminution en augmentant jusqu'à un certain point la proportion de l'hydrogène. Il résulte des essais faits avec cet eudiomètre de Volta, par Gay-Lussac et Humboldt, que 100 mesures de gaz oxigène exigent, pour leur combustion complète, 200 mesures de gaz hydrogène, ce qui se trouve bien d'accord avec les expériences faites précédemment

à ce sujet en Angleterre. Il s'ensuit que la manière de se servir de cet instrument est très-simple. On fait un mélange, à volumes égaux, de l'air qu'on veut examiner et de gaz hydrogène. On reconnoît la diminution du volume après la combustion; on en divise la quantité par trois, le quotient représente le nombre de mesures d'oxigène dans l'air. D'un grand nombre d'essais faits à différentes époques de l'année, sur des mélanges de 200 mesures d'air et d'un même nombre de mesures d'hydrogène, on eut presque constamment une diminution de volume s'élevant à 126 mesures; or, 126 divisé par 3 donne 42 pour la quantité d'oxigène dans les 200 mesures d'air, et, par conséquent, 100 parties d'air en contiennent 21 d'oxigène (1).

[*Eudiomètre de Berthollet.*] 4. Dans la 4e. espèce d'eudiomètre, l'absorption de l'oxigène de l'air s'opère par le moyen du phosphore. Ce fut Achard qui proposa le premier cette méthode eudiométrique (2) dont s'occupèrent successivement après lui Reboul, (3) Seguin et Lavoisier, (4) et à laquelle

---

(1) Jour. de phys. LX. 129.
(2) *Ibid.* 1784. I.
(3) Ann. de chim. XIII. 58.
(4) *Ibid.* IX. 293.

Berthollet (1) a, plus récemment encore, donné le dernier degré de perfectionnement.

Au lieu de la combustion rapide du phosphore à laquelle on avoit recours, Berthollet laisse brûler spontanément cette substance dans l'air dont il absorbe ainsi complètement l'oxigène; et si on opère sur une petite quantité d'air, l'effet a lieu dans un espace de tems très-court. Tout l'appareil consiste dans un tube de verre étroit et gradué, contenant l'air dont on veut faire l'épreuve. On y introduit un cylindre de phosphore fixé sur une baguette de verre, et le tube est tenu renversé sur l'eau. Le cylindre de phosphore doit être assez long pour traverser à-peu-près tout l'air contenu dans le tube. Il s'élève immédiatement du phosphore des vapeurs blanches qui remplissent le tube. Elles continuent de s'exhaler ainsi jusqu'à ce que l'oxigène se soit combiné en totalité avec le phosphore. Il résulte de cette combinaison de l'acide phosphorique qui gagne, à raison de son poids, la partie inférieure du vaisseau et qui est absorbé par l'eau. Le résidu ne consiste plus que dans le gaz azote de l'air, tenant en dissolution une portion de phos-

(1) *Ibid.* XXIV. 73; et Jour. de l'Ecole Polytech. I. III. 274.

phore qui, ainsi que s'en est assuré Berthollet, augmente son volume des 0.025, et par conséquent le volume du résidu diminué de cette quantité des 0.025, donne le volume du gaz azote de l'air analysé. En retranchant ce volume de celui primitif de la masse d'air essayé, on a la proportion du gaz oxigène contenu dans cet air.

Les différentes expériences faites avec cet eudiomètre s'accordent toutes dans leurs résultats qui indiquent constamment que les proportions des parties constituantes de l'air sont toujours les mêmes; savoir: environ 0.21 de gaz oxigène, et 0.79 de gaz azote. Berthollet a trouvé les mêmes proportions dans l'air en Egypte et en France, et je les ai constamment obtenues à Edimbourg dans toutes les différentes saisons de l'année.

Il paroît ainsi que quelle que soit la méthode qu'on emploie pour séparer l'oxigène de l'air, le résultat est uniforme, si on opère avec précision. Elles donnent toutes pour la composition de l'air commun 21 parties d'oxigène et 79 d'azote. Schéele et Lavoisier évaluèrent aux 0.27 cette proportion d'oxigène dans l'air, mais leur méthode n'étoit pas susceptible du degré d'exactitude convenable. Les proportions des gaz qui constituent l'air sont donc invariables et toujours les mêmes dans tous les lieux

et à toutes les hauteurs. Gay-Lussac a pris de l'air à une élévation de plus de 6400 mètres au-dessus de Paris, et il s'est assuré qu'il étoit précisément composé de la même manière que l'air pris à la surface de la terre (1).

[*Parties constituantes de l'air.*] Mais 210 centimètres cubes de gaz oxigène pèsent 282 milligrammes, et le poids de 790 centimètres cubes de gaz azote est de 947 milligrammes; en réunissant ces deux quantités on aura pour le poids de 1000 centimètres cubes d'air commun, 1229 milligrammes. Ce résultat ne se trouve pas d'accord avec ceux des expériences de sir John Shuckburg Evelyn, et leur différence provient vraisemblablement de quelque erreur dans les pesanteurs spécifiques des différens gaz. Suivant son évaluation, 100 parties d'air se composeroient en poids de

22.91	Oxigène.
77.09	Azote.
100.00	

[*Méthode de détermination de la densité de l'air sur lequel on opère.*] Dans toutes les analyses de l'air, il est nécessaire de connoître

(1) Phil. Mag. XXI. 225.

la densité de celui sur lequel on opère, et d'avoir soin que le résidu ne soit ni plus condensé ni plus dilaté que ne l'étoit l'air lorsqu'il fut mis en expérience. S'il en est autrement, les résultats des expériences ne méritent aucune confiance, quelqu'attention qu'on ait mise d'ailleurs à les bien faire. Or il est trois circonstances qui peuvent altérer le volume de l'air et des autres fluides élastiques : 1°. un changement dans l'élévation du baromètre ; 2°. une augmentation ou une diminution dans la quantité de ces fluides ; le vaisseau qui les contient restant le même, et posant sur la même quantité d'eau ou de mercure ; 3°. un changement dans la température de l'air.

[*Comment on peut réduire l'air à une pression barométrique donnée.*] 1. La densité de l'air et des autres fluides élastiques, est toujours proportionnelle à la force qui les comprime. Or cette force est le poids de l'atmosphère, dont l'élévation du baromètre est la mesure. Si ce poids diminue, la densité des fluides élastiques décroît dans la même proportion, et par conséquent leur volume augmente ; de même que cette densité devient plus grande, et leur volume moindre, en raison de ce que la pression augmente par le poids plus considérable de l'atmosphère. En conséquence, si, pendant qu'une expérience se fait, l'élévation du baromètre varie, le volume

du résidu ne sera plus le même qu'il l'eût été si ce changement n'avoit pas eu lieu ; on fera donc erreur, à moins qu'on ne ramène le résidu à ce qu'il aurait dû être sans cette altération, ce à quoi on parvient facilement par une formule très-simple.

Il a été constaté en physique que les volumes d'air sont toujours en raison inverse des forces qui compriment. Soit donc m la hauteur du baromètre au commencement d'une expérience, n cette hauteur à la fin, v le volume du gaz le baromètre étant en n, et x son volume en supposant le baromètre à m ; on aura $n : m :: x : v$, et par conséquent $x = \frac{nv}{m}$, de manière que pour trouver le volume cherché il ne faut que multiplier le volume obtenu par l'élévation actuelle du baromètre, et diviser ensuite par celle qu'il avoit au commencement de l'opération ; et en général, pour réduire un volume d'air à celui qu'il occuperoit, en supposant le baromètre à 758 millimètres, il suffit de l'emploi de la formule ci-dessus, en substituant à m 758 millimètres.

[*Comment on peut le réduire à la densité de l'air extérieur.*] 2. Lorsque l'air est renfermé dans une cloche placée sur l'eau ou sur le mercure, sa densité n'est pas la même que

celle de l'atmosphère, à moins que sa surface inférieure dans la cloche ne soit exactement de niveau avec la surface du liquide dans la cuve sur laquelle elle pose.

Soit *A* (fig. 25) une cloche contenant de l'air, et *BC* la surface de l'eau ou du mercure dans la cuve sur laquelle la cloche est renversée. L'air dans la cloche ne sera de la même densité que l'air extérieur qu'autant qu'il remplira exactement cette partie de la cloche au-dessus de *BC*. S'il n'en remplit seulement que la portion entre *A* et *D*, tandis que l'eau ou le mercure s'élèvent jusqu'en *D*, l'air sera plus dilaté que celui extérieur, parce qu'il n'est alors comprimé que par le poids de l'atmosphère, diminué de celui de la colonne de mercure ou d'eau *Dm*; d'un autre côté, si l'eau ou le mercure ne s'élèvent dans la cloche qu'en *E*, l'air y sera plus dense que l'air extérieur, parce qu'il est comprimé et par le poids de l'atmosphère et par celui de la colonne de mercure ou d'eau *mE*. Il importe donc, dans tous les cas, de mettre la surface inférieure de l'air dans la cloche en niveau parfait avec la surface de l'eau ou du mercure dans la cuve. Mais dans les expériences eudiométriques cela est souvent impossible, parce qu'une portion de l'air étant absorbée, quoique l'eau ou le mercure sur lesquels la

cloche est renversée ne s'élèvent d'abord qu'au niveau en *m*, cependant l'absorption qui a lieu fait monter le liquide de quelques millimètres *D* au-dessus de *m*. Il en résulte que l'air qui reste après l'expérience se trouve être dans un état de dilatation qu'il faut réduire par le calcul au volume que cet air auroit occupé s'il fût resté dans le même état de compression qu'au commencement de l'expérience. On fera facilement cette réduction au moyen de la formule qui suit.

Supposons que l'expérience se fasse sur le mercure. Soit *H* l'élévation du baromètre au commencement de l'expérience, *h* la longueur de la colonne de mercure *mD*, *v* le volume de l'air dans *AD*, et *x* le volume que l'air auroit en supposant *D* en coïncidence parfaite avec *m*. Alors on a $H : H-h :: v : x$ et $x = \frac{(H-h)v}{H}$. soit ainsi $H = 760$ millimètres, $h = 127$ millimètres, et $v = 3274$ centimètres cubes : alors $x = 2726$ centim. cubes, de manière que sans cette correction l'erreur ne s'éleveroit pas à moins de 548 centimètres cubes, ou des 0.16 environ du tout. Lorsque l'expérience se fait sur l'eau la même formule s'y applique; mais alors on devra multiplier *H* par 13.6 parce qu'il faut une colonne d'eau 13.6 fois

plus longue que celle de mercure pour produire la même pression. Dans ce cas, en supposant les nombres comme ci-dessus, on auroit $x = 3233$ centimètres cubes, de manière que l'erreur dans l'expérience sur l'eau ne seroit que de 41 centimètres cubes, ou d'un peu moins des 0.0125 du tout.

3. On peut plus aisément encore se tenir en garde contre un changement de température dans les expériences eudiométriques, puisqu'elles se font ordinairement dans l'intérieur; mais lorsque ce changement a lieu, il en résulte une altération dans le volume de l'air; il est dilaté lorsque le changement de température est en augmentation, et condensé s'il est en diminution. On peut facilement rectifier cette erreur à l'égard de l'air et de tous les autres gaz en augmentant ou en diminuant leur volume apparent par chaque degré de variation dans le thermomètre, suivant la table précédemment donnée des dilatations des gaz.

Dalton considère l'air comme un simple mélange mécanique des deux gaz qui en sont les parties constituantes; mais dans l'opinion de tous les autres savans c'est un composé chimique. Je le regarde comme formé d'azote et d'oxigène, se tenant l'un et l'autre en *dissolution.*

SECTION II.

De l'eau.

[*Eau de l'atmosphère.*] On a su de tout tems que l'atmosphère contient de l'eau. La pluie et la rosée qui s'en précipitent si fréquemment, les nuées et les brouillards qui l'obscurcissent si souvent, et qui déposent de l'humidité sur tous les corps qui y sont exposés, sont autant de phénomènes qui démontrent l'existence de l'eau dans l'air. Lors même que l'atmosphère est parfaitement transparente, on peut lui enlever de l'eau en abondance à l'aide de certaines substances. C'est ainsi qu'en exposant à l'air de l'acide sulfurique concentré, il en attire par degrés assez d'humidité pour augmenter jusqu'à plus de trois fois son poids. Il devient acide étendu dont on peut séparer l'eau par la distillation. Les substances qui ont la propriété d'attirer l'eau de l'atmosphère ont reçu la qualification d'*hygroscopiques*, comme indiquant la présence de l'eau. Tels sont l'acide sulfurique, les alcalis fixes, les muriate et nitrate de chaux, et en général tous les sels déliquescens. Il en est de même de la plupart des substances animales

et végétales. Beaucoup de ces substances prennent l'eau à l'air humide, mais elles la restituent à l'air lorsqu'il est sec. Ces corps augmentent de volume en recevant l'humidité, et perdent cette augmentation lorsqu'ils l'abandonnent ; d'où il s'ensuit qu'on en a employé quelques-uns comme *hygromètres* ou comme moyens de mesurer la quantité d'humidité contenue dans l'air environnant.

[*Présence de l'eau indiquée par l'hygromètre.*] Cette indication résulte du changement que les substances employées comme hygromètres éprouvent dans leur longueur par l'effet d'une addition ou d'une soustraction d'humidité, changement qu'on détermine avec précision, au moyen d'un index. Les hygromètres les plus ingénieusement établis et les plus exacts sont ceux de Saussure et de Deluc. Dans le premier, la substance employée est un cheveu qui par ses contractions et ses dilatations fait mouvoir un index. Dans le second, au lieu d'un cheveu, c'est d'une lame de baleine extrêmement mince dont on se sert pour cet objet. En plaçant ces substances, d'abord dans un air le plus parfaitement desséché possible au moyen de sels, et ensuite dans un air saturé d'humidité, on a deux points extrêmes dont on divise l'intervalle en cent

parties égales ou degrés. Le haut de cette échelle ainsi construite indique la sécheresse extrême, et son point le plus bas dénote le maximum de l'humidité.

Dès qu'on ne peut plus révoquer en doute qu'il existe constamment de l'eau dans l'atmosphère, il ne reste plus, à cet égard, que deux choses à rechercher ; 1°. l'état dans lequel l'eau se trouve dans l'air ; 2°. la quantité qu'un volume donné d'air en contient.

[*Etat de l'eau dans l'air.*] 1. Relativement à l'état de l'eau dans l'air, il y a deux opinions qui ont été l'une et l'autre appuyées par des savans très-distingués. 1°. L'eau peut être dissoute dans l'air de la même manière qu'un sel est tenu en dissolution par l'eau. 2°. L'eau, après qu'elle a été convertie en vapeur, peut être mêlée dans cet état avec l'air.

1. Le docteur Hooke donna l'idée de la première de ces opinions dans sa *Micrographia*; elle fut proposée depuis par le docteur Halley et beaucoup plus complètement développée par M. Leroy de Montpellier en 1751. Le docteur Hamilton de Dublin présenta, à-peu-près, à cette époque, la même théorie ; elle se trouva parfaitement d'accord avec les phénomènes. La quantité d'eau que l'air peut tenir en dissolution devient plus

considérable à chaque augmentation de température, et elle diminue par le froid, ce qui est précisément analogue à la manière de se comporter de la plupart des autres dissolvans. Ce sont ces analogies, ainsi que plusieurs autres ressemblances faciles à saisir, qui firent adopter cette opinion par le plus grand nombre des physiciens.

2. La seconde théorie qui consiste à considérer l'eau comme existant dans l'air à l'état de vapeur, me semble avoir été celle que Deluc a embrassée, au moins j'en juge ainsi d'après son dernier Traité sur la Météorologie; mais c'est Dalton qui, par les explications les plus précises à ce sujet, et les raisonnemens les mieux fondés, a presque mis la vérité de cette opinion au-dessus de toute objection (1).

[*L'eau est à l'état de vapeur.*] En *premier* lieu, on ne peut douter que l'eau qui existe dans l'air ne provienne originairement des eaux qui, à la surface de la terre, sont exposées à l'action de l'atmosphère ; et en effet, nous voyons que l'eau lorsqu'elle est abandonnée à l'air y éprouve peu-à-peu une diminution de volume, et finit par disparoître entièrement. Cet effet peut résulter ou de ce que ce liquide se

(1) Manchester Mem. V. 57.

dissout par degrés dans l'air, ou de sa conversion en vapeur. C'est particulièrement ainsi qu'on considère cet effet de diminution en l'attribuant dans le langage ordinaire à *l'évaporation* de l'eau. Lorsque ce liquide est placé sous le récipient de la machine pneumatique, il diminue encore plus rapidement de volume que lorsqu'il est exposé à l'air libre; et comme alors il n'y a pas présence d'air, la diminution du volume de l'eau ne peut provenir que de sa conversion en vapeur; et c'est en effet ce qui a lieu, puisqu'en examinant le récipient, on le trouve rempli d'eau à l'état de vapeur. La présence de cette vapeur fait cesser très-promptement par son élasticité, l'évaporation de l'eau. Or, puisque l'eau disparoît également, que l'air soit présent ou non, est exactement de la même manière, on peut avec raison attribuer sa disparition dans l'un et l'autre de ces cas à la même cause; mais dans le récipient de la machine pneumatique l'eau est convertie en vapeur. Il est donc probable qu'elle est aussi convertie en vapeur à l'air libre. S'il en est ainsi; l'eau doit exister dans l'air à l'état de vapeur.

En *second* lieu, si la disparition de l'eau par son exposition à l'air étoit un effet de dissolution et non d'évaporation, il est certain que cet effet devroit avoir plus rapidement

lieu lorsque l'eau est comparativement soumise à l'action d'une plus grande quantité d'air; car la quantité d'un corps quelconque dissous est toujours proportionnelle à la quantité du dissolvant; mais c'est précisément le contraire qui a lieu relativement à l'eau contenue dans l'air. Saussure a prouvé qu'elle s'évapore beaucoup plus promptement à de grandes hauteurs qu'à la surface de la terre, lors même que la température et l'humidité de l'air dans l'un et l'autre de ces lieux sont les mêmes. En comparant une suite d'expériences faites sur le Col du Géant, à la hauteur de 3430 mètres au-dessus du niveau de la mer, avec des expériences semblables faites à Genève à 400 mètres également au-dessus du niveaude la mer, il s'assura qu'en supposant la même température et le même état de sécheresse de l'air dans les deux points, la quantité d'eau évaporée à Genève est à celle évaporée sur le Col du Géant, dans le même tems et à circonstances égales :: 37 : 84 ou à-peu-près :: 3 : 7. Or, l'air sur le Col du Géant est des 0.33 environ plus rare qu'à Genève; de manière qu'une diminution des 0.33 environ dans la densité de l'air accélère de plus du double la marche de l'évaporation (1) ; c'est

(1) Saussure, Voyage dans les Alpes. IV. 263.

précisément ce qui doit avoir lieu si l'eau qui disparoît ne se mêle avec l'air qu'à l'état de vapeur, tandis que ce devroit être le contraire dans le cas où cette disparition de l'eau seroit l'effet de la puissance dissolvante de l'air.

En *troisième* lieu, il a été démontré par le docteur Black que la vapeur est de l'eau combinée avec une certaine dose de calorique. Par conséquent lorsque l'eau est convertie en vapeur, une certaine portion de calorique s'y combine et disparoît. Si donc il y a même déperdition de calorique, toutes les fois que l'eau passe de son état liquide dans l'atmosphère comme partie composante, on en peut conclure avec raison qu'elle n'y entre ainsi qu'à l'état de vapeur. Or c'est un fait bien connu que l'évaporation spontanée produit toujours du froid, c'est-à-dire, que l'eau, lorsqu'elle disparoît, entraîne avec elle une certaine quantité de calorique. On sait aussi que lorsqu'un corps moite est exposé à l'air, sa température s'abaisse en vertu de l'évaporation qui s'opère à sa surface. C'est par cette raison que dans les pays chauds on fait rafraîchir l'eau en la mettant dans des vases poreux qu'on expose à l'air; cette eau pénètre à travers les vaisseaux, s'évapore à leur surface, et entraîne assez de calorique pour que même dans certains cas l'eau se gèle dans le vaisseau.

Saussure observa que l'évaporation à la surface de la neige fondante la faisoit congeler de nouveau lorsque la température de l'air environnant étoit de quelques degrés au-dessous du terme de la congélation. Il a été rendu probable par le docteur Black, que la quantité de calorique qui disparoît pendant l'évaporation spontanée, est aussi considérable que celle qui est nécessaire pour convertir l'eau en vapeur. On en peut donc justement conclure que l'eau, lorsqu'elle s'évapore spontanément, est toujours convertie en vapeur, et que par conséquent ce n'est que dans cet état qu'elle entre dans l'atmosphère.

En *quatrième* lieu, Dalton a démontré que l'eau qui existe dans l'air a précisément le même degré d'élasticité que lorsqu'elle est à l'état de vapeur dans le vide à la même température; d'où il s'ensuit évidemment que ce n'est pas à l'état d'eau qu'elle est dans l'air, mais à celui d'un fluide élastique ou vapeur.

Ainsi donc l'eau qui existe dans l'atmosphère y est à l'état de vapeur. Cette vapeur est tenue en dissolution par l'air, de la même manière qu'une espèce de gaz l'est par un autre : c'est par cette raison qu'il est si difficile de la séparer, et qu'elle peut subir un degré considérable de compression, sans prendre la forme liquide.

[*Quantité de vapeur dans l'air.*] 2. On avoit

fait beaucoup de tentatives pour trouver le moyen de mesurer la quantité d'eau contenue dans l'air ; mais ce n'est que par les expériences hygrométriques de Saussure qu'on a pu en avoir, pour la première fois, une évaluation exacte. Il résulte de ces expériences qu'un décimètre cube d'air saturé d'eau à la température de 18°.88 centig., ne contient qu'environ 19 milligr. de ce liquide ; mais les expériences de Dalton sur ce sujet étoient susceptibles d'une précision encore plus rigoureuse. Comme la plus grande partie de l'eau de l'atmosphère est à l'état de vapeur dont l'élasticité dépend de la température, il est évident que cette élasticité, s'il est possible de la déterminer, doit être la mesure de la quantité de vapeur qui existe dans l'atmosphère, la température étant la même. Or, pour parvenir à cette évaluation de l'élasticité ou de la force de la vapeur, Dalton employoit le moyen suivant, imaginé originairement par Leroy.

[*Méthode de Dalton pour déterminer l'élasticité de la vapeur.*] Il prenoit un vase de verre élevé et cylindrique bien sec à l'extérieur, et il le remplissoit d'eau de source froide nouvellement tirée du puits. S'il se formoit immédiatement de la rosée sur les parois extérieures du vase, il en retiroit l'eau et la laissoit augmenter en température ; il essuyoit et séchoit bien

l'extérieur du vase avec un linge, puis il y remettoit l'eau. Il continuoit ainsi jusqu'à ce qu'il ne se formât plus de rosée; il observoit alors la température de l'eau, et la quantité qui y correspondoit dans la table dont nous avons déja parlé, étoit la force de la vapeur dans l'atmosphère. Il faut que cette expérience se fasse en plein air ou à une fenêtre, parce que l'air intérieur est généralement plus humide que celui du dehors. L'eau de source est ordinairement à environ 10° centig. et conviendra la plupart du tems pour cet objet dans les trois mois les plus chauds de l'année; dans les autres saisons, il faut un mélange artificiellement refroidi.

Il résulte des expériences de Dalton, que la quantité de vapeur dans l'atmosphère est variable. Dans la zône torride sa force est de 15.18 à 25.39 millimètres de mercure; en Angleterre elle s'élève rarement à 15.18 millim., mais dans l'été, elle excède souvent 12.69 millim., et en hiver elle est au dessous de 2.54 millim. de mercure (1).

Ces faits nous suffiroient pour connoître la quantité absolue de vapeur contenue dans l'atmosphère dans tous les tems, si nous étions

(1) Dalton, *Manch. Mem.* V. 547.

certains que la densité et l'élasticité des vapeurs suivissent précisément la même loi que celle des gaz, ainsi que cela paroît extrêmement probable. S'il en est ainsi, la vapeur variera des 0.0166 aux 0.003 de l'atmosphère. Dalton suppose que la quantité moyenne de vapeur tenue en dissolution dans l'atmosphère, peut s'élever aux 0.0142 environ de son volume (1).

SECTION III.

Du gaz acide carbonique.

Ce fut le docteur Black qui constata l'existence du gaz acide carbonique comme partie constituante de l'atmosphère, immédiatement après qu'il eût reconnu la nature de ce fluide particulier. En exposant à l'air un alcali pur ou une terre alcaline, ces substances s'y convertissent par degrés en un carbonate en absorbant du gaz acide carbonique. Ce fait connu depuis longtems devoit rendre indubitable l'existence du gaz acide carbonique dans l'atmosphère, dès qu'on se fut assuré que la différence entre un alcali pur et son carbonate ne provenoit que de la présence de cet acide. Les alcalis et les terres

(1) Phil. Mag. XXIII. 353.

alcalines ne sont pas les seules substances qui absorbent le gaz acide carbonique par leur exposition à l'air ; plusieurs des oxides métalliques ont aussi cette propriété, et c'est par cette raison qu'on les trouve si souvent dans la nature à l'état de carbonates ; c'est ainsi que la *rouille* est toujours saturée d'acide carbonique.

[*Il se trouve à de grandes hauteurs.*] Ce n'est pas seulement près de la surface de la terre que le gaz acide carbonique forme une partie constituante de l'atmosphère, mais il y existe encore aux plus grandes hauteurs auxquelles il ait été au pouvoir de l'industrie humaine de s'élever. Saussure le trouva dans l'air au sommet du Mont-Blanc, point le plus élevé de l'ancien continent, couvert éternellement de neige, et qui n'est point exposé à l'influence des végétaux ou des animaux. En exposant à l'air libre sur cette montagne de l'eau de chaux étendue d'un poids égal au sien d'eau distillée, il se formoit au bout d'environ deux heures une pellicule à sa surface, et de petites bandes de papier humectées de potasse pure acquéroient la propriété de faire effervescence avec les acides par leur exposition pendant une heure et demie dans le même lieu (1). Or cette élévation n'étoit pas de moins

(1) Saussure, Voyages. IV. 199.

de 4776 mètres au-dessus du niveau de la mer. Humboldt a plus récemment encore reconnu l'existence de ce gaz dans de l'air pris par Garnerin à la plus grande élévation à laquelle ce physicien soit parvenu en ballon (1). Il résulte évidemment de ces faits que la présence de l'acide carbonique dans l'air ne dépend point du voisinage de la terre.

[*Sa quantité.*] On parvient difficilement à séparer le gaz acide carbonique de l'air, et par conséquent il n'est pas aisé de déterminer d'une manière exacte la quantité relative qu'un volume donné d'air en contient. Il paroît, d'après les expériences de Humboldt, que cette proportion varie des 0.005 à 0.01.

Les résultats des expériences de Dalton donnent une quantité beaucoup plus petite. Il trouva, que, si après avoir vidé à l'air un vaisseau de verre rempli avec 6600 grammes d'eau de pluie, on y verse 8 grammes d'eau de chaux ; et que fermant alors l'orifice du vase, on l'agite pendant un tems suffisant, l'eau de chaux se trouve être justement saturée en totalité de l'acide carbonique existant dans l'air renfermé dans le vaisseau ; mais 8 mesures d'eau de chaux en exigent pour leur saturation, 4.50 de gaz acide carbonique ; d'où il

(1) Jour. de phys. XLVII. 202.

conclut que l'air ne contient qu'environ les 0.00068 de son volume d'acide carbonique (1).

Cependant il résulte d'expériences préalablement faites par Cavendish, que l'eau de chaux n'est pas capable de dépouiller entièrement l'air de son acide carbonique. Il en retient encore une portion, qui ne peut lui être enlevée, que par un lait de chaux, ou que par des lavages successivement répétés avec des doses nouvelles d'eau de chaux. D'où il suit que la quantité d'acide carbonique dans l'air doit être beaucoup plus considérable que ne l'a trouvée Dalton. Je ne sais pas bien exactement ce qu'il entend par *eau de chaux justement saturée*, à moins que cela ne signifie qu'alors elle refuse d'absorber rien de plus du gaz. Dans ce cas, toute la chaux est tenue en dissolution par l'acide. Il doit être difficile de s'assurer du point exact de saturation dans le sens de cette expression. On peut cependant conclure des expériences de Dalton, que le volume de l'acide carbonique dans l'air n'excède pas de beaucoup les 0.001 de l'atmosphère; mais cette proportion est susceptible de variation par différentes circonstances : il doit se mêler constamment avec l'atmosphère des quantités immenses d'acide

(1) Phil. Mag. XXIII. 354.

carbonique, puisqu'il est formé par la respiration des animaux, par la combustion et par plusieurs autres procédés qui ont continuellement lieu; et, en effet, à considérer la quantité qui peut s'en produire ainsi chaque jour, il est étonnant que la proportion n'en augmente pas rapidement dans l'air; et la conséquence d'une telle augmentation seroit fatale, puisque l'air qui contient 0.1 de cet acide, éteint la lumière et est nuisible aux animaux. Mais nous aurons lieu, par la suite, de conclure que ce gaz est décomposé par les substances végétales aussi rapidement qu'il se forme.

Section IV.

Des autres corps qui se rencontrent dans l'atmosphère.

[*Composition de l'atmosphère.*] On a vu dans les trois précédentes sections que l'atmosphère se compose principalement de trois fluides élastiques distincts, l'air, la vapeur, et le gaz acide carbonique, unis ensemble par affinité chimique. Les proportions de ces trois fluides varient suivant les tems et les lieux, mais celle moyenne de chacun d'eux est de

98.9	Air.
1.0	Vapeur.
0.1	Acide carbonique.
100.0	

[*Autres corps qui y sont contenus.*] Mais, outre ces trois corps, qu'on peut considérer comme constituant l'atmosphère, on a soupçonné qu'il y en existoit encore plusieurs autres : je n'entends pas parler ici de la matière électrique, ou de la substance des nuages et des brouillards, et de ceux des autres corps qui nous paroissent être les agens actifs des phénomènes de météorologie. Nous n'avons cependant jusqu'à présent que très-peu de notions sur ces corps que contient l'atmosphère, parce que nous manquons d'instrumens assez délicats pour en constater la présence. Nous reconnoissons bien que plusieurs d'entre eux se mêlent avec l'air, mais il n'est pas en notre pouvoir de rendre compte de ce qu'ils deviennent ensuite.

[*Gaz hydrogène.*] 1. On dit avoir trouvé du gaz hydrogène dans l'air situé près le cratère de volcans, et il est très-possible que ce gaz existe toujours en petite proportion dans l'atmosphère; mais on ne peut s'en assurer que lorsqu'on aura découvert quelque moyen de reconnoître la présence de ce gaz combiné avec une grande

proportion d'air. Il paroît, d'après les expériences de Humboldt et de Gay-Lussac, que l'air ne peut contenir au de-là des 0.003 de gaz hydrogène.

2. Il se dégage souvent des marais, dans les tems chauds, du gaz hydrogène carburé en quantités considérables; cependant on n'en a jamais reconnu la présence dans l'air; de sorte que très-probablement il est de nouveau décomposé par quelque procédé qui nous est inconnu.

3. Les plantes exhalent pendant le jour du gaz oxigène. Nous aurons occasion de voir par la suite que c'est en vertu de la propriété qu'elles ont d'absorber et de décomposer le gaz acide carbonique. Or, comme cet acide carbonique est formé aux dépens de l'oxigène de l'atmosphère et que cet oxigène est de nouveau rendu à l'air par la décomposition de l'acide, l'atmosphère se maintenant sans altération dans sa nature, il est clair que ces deux procédés doivent se faire équilibre, c'est-à-dire que tout l'acide carbonique produit par la combustion doit être décomposé, et que tout l'oxigène absorbé doit être mis de nouveau à l'état de liberté. C'est ainsi que le gaz oxigène, retournant continuellement à l'air auquel il a été soustrait, les parties constituantes de ce fluide doivent toujours conserver le même rapport.

4. Il est probable que la fumée ainsi que

d'autres corps qui s'élèvent continuellement dans l'air par évaporation, se déposent de nouveau très-promptement, et ils ne peuvent par conséquent être considérés comme ayant la propriété de faire partie de l'atmosphère; mais il est une autre série de corps qui se combinent accidentellement à l'air, et qui à raison de leur action puissante sur le corps humain, ont particulièrement attiré l'attention. Ces corps sont connus sous la dénomination de matières de *contagion*.

Il a été reconnu et établi de tout tems qu'il existe dans des lieux divers une différence sensible dans la nature de l'atmosphère relativement à ses effets sur le corps humain. Ainsi quelques localités ont été renommées comme contribuant efficacement au maintien de la bonne santé, tandis que d'autres ont été signalées comme pernicieuses à la constitution humaine. On sait que, dans les excavations et les mines, l'air est souvent dans un état tel qu'il suffoque presque instantanément ceux qui essaient de le respirer. Quelques localités sont recherchées dans des cas d'incommodités particulières. Il est bien connu que ceux qui fréquentent les appartemens de personnes attaquées de certaines maladies, deviennent extrêmement disposés à prendre l'infection; et dans les prisons ou autres

lieux à grands rassemblemens, dès qu'il se manifeste des maladies, elles y font ordinairement de grands ravages. On a supposé que, dans tous ces cas, les funestes effets de l'air résultent de l'action d'une matière nuisible qu'il tient en dissolution.

[*Matière contagieuse.*] La présence de cette matière se distingue aisément dans beaucoup de circonstances par l'odeur particulière et désagréable qu'elle communique à l'air; et il n'est pas douteux qu'elle diffère selon les maladies auxquelles elle donne lieu, et la substance dont elle provient originairement. Morveau essaya dernièrement d'en reconnoître la nature; mais il ne tarda pas à se convaincre combien les moyens d'essais chimiques, jusqu'à présent en usage, étoient insuffisans pour cette recherche. Il a cependant fait voir de manière à n'en pouvoir plus douter, que la matière nuisible qui s'exhale des corps putrides est de la nature d'un composé; qu'elle est entièrement détruite par certains agens et particulièrement par ceux des corps gazeux qui cèdent facilement leur oxigène. Il exposa de l'air infecté par des corps putrides à l'action de diverses substances, et il en jugeoit l'effet par la faculté qu'elles avoient de détruire l'odeur fétide de l'air. Il obtint de ses expériences à ce sujet les résultats suivans.

1. Les corps odorans, tels que le benjoin, les plantes aromatiques, etc. ne produisent aucun effet quelconque. 2. Il en est de même des dissolutions de myrrhe, de benjoin, etc. dans l'alcool, quoiqu'en les agitant dans l'air infecté. 3. L'acide pyroligneux est également sans aucune action. 4. La poudre à canon brûlée dans l'air infecté en déplace une portion, mais ce qui en reste conserve encore l'odeur fétide. 5. L'acide sulfurique est sans effet; l'acide sulfureux affoiblit l'odeur, mais il ne la détruit pas. 6. Avec le vinaigre l'odeur diminue; mais l'action de ce liquide est lente et incomplète. 7. L'acide acétique agit instantanément, et fait disparoître entièrement l'odeur de l'air infecté. 8. Les vapeurs d'acide nitrique, dont l'emploi fut essayé pour la première fois par le docteur Carmichael Smith, sont également efficaces. 9. Le gaz acide muriatique, que Morveau reconnut aussi et indiqua le premier comme agent convenable, produit les mêmes bons effets. 10. Mais l'agent le plus puissant à cet égard est le gaz acide oxi-muriatique proposé d'abord par Cruikshauks et employé actuellement avec le plus grand succès en Angleterre, sur les vaisseaux et dans les hôpitaux militaires.

Il y a donc ainsi quatre substances qui ont la propriété de détruire la matière contagieuse de

l'air et de le purifier ; mais on ne peut pas se procurer l'acide acétique en quantités suffisantes et dans un état de concentration convenable pour être employé avec avantage. L'usage de l'acide nitrique peut présenter quelque inconvénient à raison du gaz nitreux qui l'accompagne presque toujours. Le gaz acide muriatique et le gaz acide oxi-muriatique n'offrent point ces inconvéniens, et le dernier mérite la préférence, à raison de ce qu'il agit avec plus d'énergie et plus de rapidité. Tout le procédé consiste alors à mêler ensemble deux parties de muriate de soude avec une partie d'oxide noir de manganèse, de placer ce mélange dans un vaisseau ouvert dans l'appartement infecté, et de verser dessus deux parties d'acide sulfurique. Les vapeurs de gaz acide oxi-muriatique s'exhalent immédiatement, se répandent en abondance dans l'appartement, le remplissent et détruisent la contagion. On peut, au lieu de muriate de soude et d'oxide noir de manganèse, se servir pour le même objet de l'oxi-muriate de chaux, qui se vend dans le commerce pour l'usage des blanchisseurs.

CHAPITRE II.

De la météorologie.

Quoique les phénomènes des différences d'état de l'air, qui influent si puissamment sur la subsistance et la santé des hommes, eussent dû être dans tous les tems pour eux l'objet d'une attention particulière, cependant il n'avoit encore été fait jusqu'au dix-septième siècle, aucun progrès sensible dans la recherche des lois de la météorologie. Il est vrai que, quel que pût être le desir des anciens de se livrer à l'étude de cette science, ils manquoient absolument d'instrumens convenables pour y acquérir des connoissances exactes. Ce n'est que par la découverte du baromètre et du thermomètre dans le dix-septième siècle, et par l'invention, dans le dix-huitième siècle, d'électromètres et d'hygromètres construits avec soin, qu'il a été complètement suppléé à ce défaut de moyens, et que les savans se sont trouvés en état de faire avec facilité et précision des observations météorologiques. Il a en conséquence été fait un très-grand nombre d'observations de cette nature qui ont été recueil-

lies, examinées et classées de tems en tems par des hommes de génie, et c'est sur les conséquences qui en ont été déduites, qu'ont été fondées plusieurs théories diverses relativement à l'état de l'air; mais la science de la météorologie présente tant de difficultés que, malgré les efforts réunis de quelques-uns des premiers physiciens du siècle, nous sommes encore très-loin de pouvoir nous rendre complètement raison des phénomènes de l'état de l'air, et nous ne devons nous attendre à voir le voile qui nous les cache encore, entièrement levé, que lorsque nous aurons pu nous procurer des tables exactes d'observations faites dans toutes les parties du monde; que par des recherches encore plus étendues sur la nature de l'atmosphère et par une connoissance plus précise des changemens chimiques qui s'y opèrent.

Les changemens qui ont lieu dans l'atmosphère démontrent de la manière la plus évidente qu'il s'y fait continuellement des combinaisons et des décompositions nouvelles. De ces altérations chimiques dérivent la plupart des phénomènes météorologiques qu'on peut considérer comme le résultat de l'action réciproque des différentes parties composantes de l'atmosphère, et qui seroient susceptibles d'une explication facile, si nous avions une connoissance parfaite de

toutes ces substances, ainsi que des lois qui régissent leur action. Les plus importans des phénomènes météorologiques sont, 1°. les changemens que l'atmosphère éprouve dans son poids; 2°. l'altération dans sa température; 3°. les changemens produits dans sa quantité par l'évaporation, la pluie, etc.; 4°. l'agitation violente qui lui est souvent imprimée; 5°. enfin les phénomènes électriques et autres qui accompagnent quelquefois ces précipitations et agitations, ou qui en sont la cause. La considération de ces effets divers produits sur l'atmosphère, sera l'objet des six sections suivantes.

SECTION PREMIÈRE.

Des changemens dans le poids de l'atmosphère.

[*Elévation du baromètre au-dessus du niveau de la mer.*] On a vu dans le dernier chapitre que le baromètre nous indique le poids d'une colonne d'air qui s'étend jusqu'à l'extrémité supérieure de l'atmosphère, et dont la base est égale à celle du mercure. Au niveau de la mer, où la longueur de cette colonne est la plus grande, l'élévation moyenne du baromètre est de 760 millim. C'est ce qui fut constaté par sir Georges Shuckburgh dans la Méditerranée et dans la

Manche, à la température de 12°.77 à 15°.55 centigr.; par Bouguer, sur la côte du Pérou, à la température de 28°.88 centig.; et par le lord Mulgrave, à la latitude de 80°.

La hauteur moyenne du baromètre est d'autant moindre dans un lieu quelconque, que ce lieu se trouve être plus élevé au-dessus du niveau de la mer; car alors la colonne d'air qui soutient le mercure est d'autant plus courte. On s'est donc servi de cet instrument pour mesurer les hauteurs.

[*Variation.*] Mais si on abandonne à lui-même un baromètre dans un lieu, le mercure ne continue pas d'y être stationnaire; quelquefois il s'élève, d'autres fois il s'abaisse en variant ainsi dans une étendue de plusieurs centimètres. Il s'ensuit que le poids de l'air qui contrebalance celui du mercure doit être sujet aux mêmes changemens. C'est ainsi que, dans le même lieu, nous reconnoissons que l'air est tantôt léger et tantôt pesant, différences qui ne peuvent provenir que de changemens dans sa quantité. Le baromètre nous apprend donc qu'au-delà d'une certaine étendue, l'air est susceptible d'altérations continuelles dans sa quantité, et il faut par conséquent, ou que l'air s'accumule dans des espaces particuliers, tandis qu'il en abandonne en partie d'autres, ou qu'une portion de

l'atmosphère soit alternativement soustraite et rétablie par quelque procédé constant, quoiqu'étant en apparence irrégulier.

Le baromètre ne varie que de très-peu entre les tropiques, et il est remarquable que, dans cette partie du monde, son abaissement par chaque 60 mètres d'élévation n'excède pas la moitié de celui qu'il éprouve au-delà des tropiques (1). Dans la zône torride aussi, le baromètre monte d'environ 1.4 millimètres deux fois par jour. Il résulte des observations de M. Horsburgh, que dans les mers du tropique, c'est-à-dire du 20me degré latitude nord au 27me degré de latitude méridionale, le mercure s'élève à sa plus grande hauteur à huit heures avant midi; qu'il continue d'être stationnaire jusqu'à midi, après quoi il commence à descendre jusqu'à 4 heures, où il arrive à son point le plus bas de dépression. De 4 à 5 heures après midi le mercure monte de nouveau, et continue de s'élever jusqu'à 9 ou 10 heures; parvenu encore alors à sa plus grande élévation, il y reste stationnaire jusqu'à près de minuit, puis il commence à s'abaisser jusqu'à 4 heures du matin, terme auquel il se trouve être descendu aussi bas qu'à 4 heures après midi : de

(1) M. Cassan, Jour. de phys. Avril 1790, p. 268.

ce moment il s'élève jusqu'à 7 ou 8 heures du matin qu'il est alors parvenu à son plus haut point d'élévation (1). M. Horsburgh observa que ces élévations et dépressions diurnales, qu'il appelle *mouvemens équatropicaux*, avoient régulièrement lieu pendant qu'il étoit en mer, mais que lorsque les baromètres étoient transportés à terre, ou lorsque le vaisseau étoit en rivière, ils étoient à peine sensibles. Il est difficile de se rendre compte de ce fait singulier, à moins que de supposer qu'il tient au mouvement du vaisseau, au moyen duquel le mercure étant régulièrement agité, ses élévations et ses abaissemens auroient lieu d'une manière plus sensible et plus correcte que lorsque le baromètre continue d'être stationnaire.

[*Marche annuelle du baromètre*.] A mesure que la latitude avance vers les pôles, l'élévation du mercure dans le baromètre va en augmentant progressivement jusqu'à environ 5 à 7 centimètres. Cette augmentation graduelle est indiquée dans la table ci-après.

(1) Nicholson's *Jour.* XIII. 17.

Table de la marche du baromètre.

Latitude.	Lieux.	Marche du baromètre.	
		La plus grande.	Annuelle (1).
		Millim.	Millim.
0°.0′	Pérou.	5.008	»
22.23	Calcuta.	19.059 (2)	»
33.55	Cap Town.	»	22.64 (3)
40.55	Naples.	25.044 (1)	»
51.08	Douvres.	62.084 (4)	45.80
53.13	Middlewick.	76.335 (4)	49.3
53.23	Liverpool.	73.053 (4)	47.87
59.56	Pétersbourg.	87.078 (5)	70.48

Dans l'Amérique septentrionale, cependant, l'augmentation dans l'élévation du baromètre est beaucoup moins considérable qu'aux lati-

(1) Kirwan, *Irish. Trans.* III. 47.
(2) *Asiatic Researches.* II. Appendix.
(3) Barrow's *Travels*, p. 42.
(4) Manchester Trans. Vol. IV.
(5) Edimburg Trans. II. 229.

tudes correspondantes d'Europe. En Virginie, par exemple, elle n'excède jamais 28 millimètres (1).

La course du baromètre est plus grande au niveau de la mer que sur les montagnes ; et à la même latitude, l'étendue de sa marche est en raison inverse de la hauteur du lieu au-dessus du niveau de la mer.

[*Marche journalière.*] D'après une table particulière publiée par M. Cotte dans le *Journal de Physique* (2), il paroît extrêmement probable que le baromètre tend toujours à s'élever du matin au soir, et que cette tendance est la plus grande entre deux heures de l'après-midi et neuf heures du soir : que c'est alors qu'il est parvenu à son maximum d'élévation ; que cette élévation à neuf heures diffère d'avec celle à deux heures des 0.33, tandis que l'élévation à deux heures n'excède celle du matin que des 0.083, et qu'enfin dans de certains climats la plus grande élévation a lieu à deux heures.

(1) Trans. Phil. II. 142.

(2) Août 1790, p. 110.

VILLES.	Nombre d'années des observations.	Élévation moyenne.			
		Matin.	Midi.	Soir.	Année.
		Millim.	Millim.	Millim.	Millim.
Arles	6	760.311	760.311	760.499	760.311
Arras	6	753.546	753.546	753.922	753.734
Bordeaux....	11	757.680	757.868	757.868	757.868
Cambrai.....	13	758.808	768.620	758.808	758.808
Chinon......	12	756.177	756.365	756.929	756.553
Dunkerque...	8	759.935	760.311	760.311	760.123
Haguenau....	10	750.915	750.915	751.103	750.915
Laon........	7	745.090	744.714	745.278	745.090
Lille........	6	759.748	760.124	760.312	759.372
Manheim.....	5	752.231	751.855	752.231	752.043
Mayence.....	7	754.674	754.486	754.674	754.674
Montmorenci.	22	753.170	753.170	752.982	753.170
Mulhausen...	7	736.822	736.634	736.822	736.822
Obernheim...	12	748.848	748.284	748.660	748.660
Paris........	67	759.184	758.432	758.808	758.808
Poitiers......	12	755.070	755.070	755.070	755.070
Rome.......	3	758.432	758.056	758.808	758.432
Rouen.......	11	758.432	758.244	758.244	758.244
St.-Maurice-le-Girard.....	10	756.929	756.929	757.117	756.929
Troyes	10	754.110	754.298	754.110	754.110

Suivant les observations de Luke Howard, confirmées par Cotte, le baromètre semble avoir une tendance à s'abaisser dans la nouvelle et dans la pleine lune et à s'élever dans les quartiers. Ce rapport dans sa marche est plus remarquable encore lorsque le tems est beau et calme. La dépression des quartiers aux conjonctions se monte à environ 2.54 millim., et l'élévation des conjonctions aux quartiers est de la même quantité.

La course du baromètre est plus grande dans l'hiver que dans l'été; ainsi sa marche moyenne qui fut de 56 millimètres à York pendant les mois d'octobre, novembre, décembre, janvier, février et mars 1774, ne s'éleva pas à 26 millimètres dans les six mois d'été (1).

Le baromètre est géneralement élevé dans les tems sereins et fixes, et bas dans le tems calme lorsque l'air est disposé à la pluie. Il descend par les vents hauts, il monte à sa plus grande élévation lorsque les vents sont à l'est et au nord, et il s'abaisse lorsque c'est du midi que le vent soufle (2). A Calcuta (3) il est toujours à son plus haut degré lorsque le

(1) Manchester Trans. IV. 543.
(2) Dr. Halley.
(3) *Asiatic Researches*. II. Apendix.

vent vient du nord-ouest et du nord, et à son point le plus bas lorsqu'il est sud-est.

Le baromètre descend rapidement avant les tempêtes et il éprouve de grandes oscillations dant qu'elles ont lieu.

Tels sont les phénomènes des variations du baromètre, autant qu'il a été possible de les ramener à des faits généraux. On a essayé de diverses manières de les expliquer, mais jusqu'à présent sans beaucoup de succès. La théorie de Kirwan, quoiqu'insuffisante pour rendre raison de tous ces phénomènes semble être néanmoins la plus plausible. Les observations qui vont suivre peuvent être considérées comme étant, à l'exception d'un ou de deux exemples, l'exposé en abrégé de cette théorie.

[*L'atmosphère est à sa plus grande élévation à l'équateur.*] Il est bien évident que c'est à l'équateur que l'atmosphère a le moins de densité, et qu'aux pôles cette densité est la plus considérable. A l'équateur, en effet, toutes les causes qui tendent à opérer la diminution de densité de l'air, telles que la force centrifuge, la distance au centre de la terre et la chaleur, sont à leur maximum, tandis qu'au pôle leur action est la plus foible. La hauteur moyenne du baromètre au niveau de la mer, sur tout le globe, est d'environ 758 millimètres; donc le poids de

l'atmosphère est le même par tout le globe. Le poids de l'atmosphère dépend et de sa densité et de son élévation. Là où l'atmosphere a le plus de densité sa hauteur doit être moindre, de même que là où sa densité est la plus foible, son élévation est la plus grande. Cette élévation de l'atmosphère doit donc être à son maximum à l'équateur et à son minimum aux pôles, et elle doit diminuer graduellement de l'équateur aux pôles, de manière que sa surface supérieure sera celle de deux plans inclinés se rencontrant au-dessus de l'équateur à leur partie la plus élevée (1).

Pendant l'été, lorsque le soleil est sur notre hémisphère, la chaleur moyenne entre l'équateur et le pôle diffère moins qu'en hiver ; et dans cette saison, en effet, la chaleur des contrées du Nord égale celle de la Zône torride. C'est ainsi qu'en Russie le thermomètre s'élève à environ 30° centigrad., dans les mois de juillet et d'août (2). D'où il s'ensuit qu'alors la rareté de l'atmosphère au pôle, et par conséquent sa hauteur, augmentent, la surface supérieure de l'atmosphère sera donc moins inclinée dans l'hémisphère septentrional, tandis que par

(1) Kirwan, Irish. Trans. II. 43, etc.
(2) Dr. Guthrie, Edim. Trans. II. 229,

les causes contraires, elle le sera beaucoup plus dans l'hémisphère méridional. Ce double effet aura lieu en sens inverse pendant notre hiver.

La densité de l'atmosphère dépend en grande partie de la pression de la colonne qu'elle supporte, et par conséquent cette densité diminue comme la hauteur de cette colonne, la pression décroissant constamment dans le même rapport.

Mais dans la Zône torride ce décroissement de la densité de l'atmosphère ne sera pas aussi rapide que dans les zônes tempérées et froides, parce que sa colonne a plus de longueur et qu'il y a une plus grande proportion d'air dans la partie la plus élevée de cette colonne. Ces circonstances expliquent l'observation de M. Cassan, que l'abaissement du baromètre par chaque élévation d'environ 60 mètres, n'est dans la Zône torride que de la moitié de celui qu'il éprouve dans les zônes tempérées. Ainsi donc la densité de l'atmosphère à l'équateur, quoique moindre à la surface de la terre que la densité de l'atmosphère dans les zônes tempérées et aux pôles, doit lui être égale à une certaine hauteur et la surpasser à une élévation encore plus grande.

Il s'élève continuellement à l'équateur un courant d'air dont une portion au moins arrive et séjourne dans les parties plus élevées de l'atmosphère; mais comme à raison de la flui-

dité de l'air il est évident qu'il ne peut s'accumuler au-dessus de l'équateur, il doit rouler sur le plan incliné que présente la surface supérieure de l'atmosphère vers les pôles ; et comme la surface de l'atmosphère dans l'hémisphère septentrional est plus inclinée pendant notre hiver que celle de l'hémisphère opposé, il refluera une plus grande quantité du courant d'air équatorial sur l'hémisphère septentrional que sur l'hémisphère méridional, de manière que pendant l'hiver notre atmosphère sera plus abondante que celle de l'hémisphère austral ; mais pendant l'été le contraire aura lieu. Il en résulte que c'est pendant l'hiver que le mercure parvient dans le baromètre à sa plus grande élévation, et que la course du baromètre est moindre dans l'été que dans l'hiver.

[*L'air s'accumule dans les lieux froids.*] La densité de l'atmosphère se règle jusqu'à un certain point par la chaleur du lieu. Dans quelqu'endroit que ce soit où le froid est le plus grand, la densité de l'atmosphère sera la plus considérable et sa colonne la plus courte. Les contrées élevées et les chaînes des hautes montagnes dont les sommets sont couverts de neige pendant la plus grande partie de l'année, doivent être des régions plus froides que les autres lieux situés à la même latitude, et par con-

séquent la colonne d'air au-dessus d'elles est plus courte. Le courant d'air supérieur sera beaucoup plus lent dans sa marche et s'accumulera sur ces places dans son passage vers les pôles. Il en résultera une irrégularité dans son mouvement qui en produira une semblable dans la marche du baromètre. Il se formera de ces accumulations sur les parties nord-ouest d'Asie et sur l'Amérique septentrionale; et, en effet, le baromètre s'y tient ordinairement à une plus grande élévation et il y éprouve moins de variations qu'en Europe. Il se forme aussi des accumulations sur les Pyrénées, les Alpes, les montagnes d'Afrique, de la Turquie d'Europe, de la Tartarie et du Thibet. Lorsque ces accumulations ont continué d'avoir lieu pendant quelque tems, la densité de l'air devient trop grande pour être balancée par l'atmosphère environnante ; il reflue sur les contrées voisines et cet effet produit des vents froids qui font monter le baromètre. C'est ainsi que l'élévation du baromètre, qui a généralement lieu en Europe par les vents du nord-est, résulte d'accumulations dans le nord-ouest d'Asie ou dans les environs du pôle. De même aussi c'est le vent de nord-ouest des montagnes du Thibet qui fait monter le baromètre à Calcuta.

Il est possible que des quantités considérables

d'air soient accidentellement détruites dans les régions pôlaires ; lorsque cela arrive l'atmosphère du sud s'y porte pour remplir le vide. Ce refoulement produit des vents sud-ouest, et le thermomètre descend.

Comme la chaleur moyenne de notre hémisphère n'est pas la même dans des années différentes, la densité de l'atmosphère et par conséquent la quantité d'air équatorial qui flue vers les pôles, doivent varier aussi. De là dérivent les changemens dans la marche du baromètre dans différentes années. Cette marche correspond-elle à la chaleur moyenne annuelle, c'est-à-dire, la course est-elle la plus grande lorsque la chaleur est la moins considérable, ou est-elle la plus foible lorsque la chaleur est la plus forte ? Dans certaines années les accumulations sont plus grandes qu'à l'ordinaire dans les contrées montagneuses du sud de l'Europe et de l'Asie, ce qui peut provenir de ce qu'elles ont été plutôt couvertes de neige ou privées des rayons du soleil par des brouillards trop longtems prolongés. Lorsqu'il en est ainsi l'atmosphère dans les régions pôlaires sera proportionnellement plus légère et c'est ce qui fait que dans quelques hivers il règne plus de vents de sud que dans d'autres.

[*Causes des variations du baromètre entre*

les tropiques.] Comme il n'y a jamais une grande différence de chaleur dans la Zône torride, la densité et par conséquent la hauteur de l'atmosphère n'y doivent pas varier beaucoup. Il en résulte que la marche du baromètre entre les tropiques est comparativement moindre, et qu'elle s'accroît graduellement à mesure du rapprochement vers les pôles, parce que la différence de température, et par suite, la densité de l'atmosphère augmentent avec la latitude.

L'abaissement du baromètre qui précède les tempêtes violentes et les ouragans, et ses oscillations qui accompagnent cet abaissement, nous prouvent que ces phénomènes sont produits par de très-grandes raréfactions, ou peut-être par une destruction de l'air dans quelques parties particulières de l'atmosphère. L'abaissement du baromètre dans des tems de vents provient aussi de la même cause.

Il reste encore à rendre raison de l'abaissement du baromètre qui a généralement lieu lorsque le tems est disposé à la pluie; mais nous connoissons trop peu les causes qui produisent la pluie, pour être en état d'expliquer d'une manière satisfaisante son influence sur la variation du baromètre.

Section II.

De la température de l'atmosphère.

Que la température de l'air varie considérablement, non-seulement dans les climats divers et dans les différentes saisons, mais encore dans le même lieu et dans la même saison, c'est ce qui n'a pu échapper à l'observateur le moins attentif. Cette variation perpétuelle ne peut être attribuée à la chaleur directe du soleil; car les rayons de ce foyer de lumière semblent ne produire aucun effet quelconque sur l'air, quelque concentrés qu'ils puissent être; mais ils échauffent la surface de la terre qui communique sa chaleur à l'atmosphère environnante. Il en résulte que la température de l'air est la plus élevée dans les lieux situés de manière à être le plus fortement échauffés par les rayons du soleil, et que cette température varie dans chaque région avec la saison de l'année; c'est par cette raison aussi qu'elle diminue en raison de la hauteur de l'air au-dessus de la surface de la terre. La portion de la terre qui gît à l'équateur, est exposée aux rayons les plus perpendiculaires du soleil; c'est là par conséquent que réside à la surface de la terre la

plus grande chaleur, et cette chaleur de la terre va ensuite en diminuant graduellement de l'équateur aux pôles. La température de l'air doit suivre la même marche; c'est-à-dire que l'air au-dessus de l'équateur est le plus chaud, et que sa température diminue graduellement depuis l'équateur jusqu'aux pôles où elle est la plus froide. L'air à l'équateur, à la surface de la terre, est le plus chaud, et il se refroidit par degrés à mesure de son élévation au-dessus de cette surface. Examinons la nature de ces deux diminutions progressives de température.

[*Méthode de détermination de la température moyenne annuelle.*] 1. Quoique la température de l'air à l'équateur soit la plus élevée, et qu'elle s'abaisse successivement à mesure que l'air se rapproche du pôle, cependant comme dans chaque lieu la température de l'air varie constamment avec la saison de l'année, on ne peut avoir de notion précise sur sa marche progressive qu'en prenant la température à chaque degré de latitude et pour chaque jour de l'année, pour en déduire une température moyenne pour la totalité de l'année. Ce terme de la température moyenne de l'année sera le quotient de la division de la somme de toutes les observations par leur nombre. La diminution du pôle à l'équateur a lieu en progression arithmétique, ou, pour

parler plus correctement, les termes qui expriment la température annuelle de toutes les latitudes, sont autant de moyens arithmétiques entre la température moyenne annuelle à l'équateur et la température moyenne annuelle au pôle. C'est ce que Meyer découvrit le premier; et ce fut au moyen d'une équation établie en conséquence, mais rendue beaucoup plus facile et plus simple, que Kirwan parvint à calculer la température moyenne annuelle de chaque degré de latitude de l'équateur au pôle. Il opéroit ainsi : soit m la température moyenne annuelle à l'équateur, et celle au pôle $m-n$; soit φ toute autre latitude quelconque; la température moyenne annuelle de cette latitude sera $m-n \times \sin \varphi^2$. Si donc on connoît la température de deux latitudes quelconques, on trouvera facilement les valeurs de m et de n. Or, les températures des 40 et 50mes degrés de latitude nord sont, d'après les meilleures observations, savoir de 16°.72 centig. pour la température du 40me. degré; et de 11°.61 centig. pour celle du 50me. Le carré du sinus de 40° est d'environ 0.419, et le carré du sinus de 50° est de 0.586, donc

$$m - 0.419\, n = 16.72,$$
$$\text{et } m - 0.586\, n = 11.61.$$

En comparant ensemble ces deux valeurs de

m, on aura $16.72 + 0.419\ n = 11.61 + 0.586\ n$. En tirant de cette dernière équation la valeur de n, on la trouvera de 30 environ, et par conséquent celle de m sera de près de 29.45; la température moyenne à l'équateur sera donc de 29°.45, et celle au pôle de 29°. 45 — 30°, ou de —0°.55. Ainsi, pour avoir la température moyenne pour chaque degré de latitude, il suffit de trouver 88 moyens arithmétiques entre —0.55 et 29.45; ce fut de cette manière que Kirwan calcula la table qui suit :

... de la température moyenne annuelle de la situation prise comme terme de comparaison dans chaque latitude.

Latitude	Température.	Latitude.	Température.	Latitude.	Température.	Latitude.	Température.	Latitude.	Température.
	Centig		Centig		Centig		Centig.		Centig.
90°	—0°.55	72°	2°.22	54°	9°.55	36°	18°.72	18°	26°.05
89	—0.53	71	2.55	53	10.11	35	19.11	17	26.33
88	—0.50	70	2.90	52	10.61	34	19.66	16	26.61
87	—0.49	69	3.22	51	11.33	33	20.16	15	26.88
86	—0.44	68	3.55	50	11.61	32	20.61	14	27.11
85	—0.33	67	3.94	49	12.11	31	21.05	13	27.39
84	—0.28	66	4.28	48	12.61	30	21.50	12	27.61
83	—0.17	65	4.66	47	13.11	29	21.94	11	27.77
82	0	64	5.11	46	13.55	28	22.39	10	27.94
81	+0.11	63	5.50	45	14.16	27	22.66	9	28.17
80	+0.33	62	5.94	44	14.66	26	23.22	8	28.27
79	+0.50	61	6.39	43	15.22	25	23.61	7	28.44
78	+0.66	60	6.83	42	15.72	24	24.11	6	28.55
77	+0.94	59	7.27	41	16.22	23	24.39	5	28.66
76	1.17	58	7.66	40	16.66	22	24.72	4	29
75	1.39	57	8.17	39	17.22	21	25.11	3	29.11
74	1.66	56	8.61	38	17.72	20	25.40	2	29.27
73	1.94	55	9.11	37	18.22	19	25.72	0	29.45

Cette table ne se rapporte cependant qu'à la température de l'atmosphère de l'océan. Elle fut calculée pour cette portion de l'océan désignée sous le nom d'océan atlantique, située entre le 80me degré de latitude nord et le 45me degré de latitude sud, et pour toute cette partie de l'océan pacifique qui s'étend du 45me degré de latitude nord au 40me degré de latitude sud, et du 20me au 275me degré de longitude est de Londres. M. Kirwan a choisi de préférence cette portion de l'océan pour établir ses comparaisons de température, toutes les autres parties de l'océan étant sujètes à des anomalies dont il sera fait mention.

[*Température moyenne de chaque mois.*] M. Kirwan a également calculé la température moyenne pour chaque mois de l'océan qu'il a pris pour terme de comparaison. Il partoit de ces principes ; la température moyenne d'avril semble se rapprocher de très-près de la température moyenne annuelle ; et en tant que la chaleur dépend de l'action des rayons solaires, la chaleur moyenne de chaque mois se rapporte aussi à la hauteur moyenne du soleil, ou plutôt elle est comme le sinus de cette hauteur. Donc la température moyenne d'avril et le sinus de la hauteur du soleil étant donnés, on trouvera la température de mai de cette manière : comme le sinus de la hauteur moyenne du soleil en avril

est à la température moyenne d'avril, de même aussi le sinus de la hauteur moyenne du soleil en mai sera à la température moyenne de mai. On aura ainsi les températures moyennes de juin, juillet et août ; mais ce mode de détermination donneroit une évaluation trop basse de la température des mois suivans, parce qu'on n'y a point égard à la chaleur provenant de la terre, qui en a une à-peu-près égale à celle de la température moyenne annuelle. On doit donc considérer la température réelle de ces mois comme étant un moyen arithmétique entre les températures astronomique et terrestre. Ainsi au 51me degré de latitude, la température astronomique du mois de septembre est de 7° centig., et la température moyenne annuelle est de 11°.33 centig. : donc la température réelle de ce mois devroit être $\frac{7^\circ + 11^\circ.33}{2} = 9^\circ.16$.

Cependant, après de longs et fastidieux calculs, Kirwan trouva que leurs résultats s'accordoient si mal avec les observations, qu'il se détermina à former la table suivante, en partie d'après les principes, et en partie par l'étude d'un grand nombre de journaux de mer.

Table de la température moyenne de chaque mois,

Latitude.	80°	79°	78°	77°	76°	75°	74°	73°
	Centig.							
Janvier.....	— 5°.5	— 5°.3	— 5°.0	— 4°.8	— 4°.4	— 4°.2	— 3°.7	— 3°.5
Février.....	— 5.0	— 5.0	— 4.8	— 4.4	— 4.2	— 3.7	— 3.5	— 3.3
Mars.......	— 2.7	— 2.5	— 2.2	— 2.0	— 1.7	— 1.5	— 1.1	— 0.9
Avril......	+ 0.3	+ 0.3	+ 0.6	+ 0.8	+ 1.1	+ 1.3	+ 1.7	+ 1.9
Mai........	+ 2.4	+ 2.4	+ 2.7	+ 2.9	+ 3.3	+ 3.5	+ 3.7	+ 3.9
Juin.......	+10.5	+10.5	+10.7	+11.1	+11.1	+11.1	+11.3	+11.6
Juillet......	+10.0	+10.0	+10.2	+10.5	+10.5	+10.5	+10.7	+11.1
Août.......	+ 3.9	+ 4.4	+ 5.0	+ 5.2	+ 5.5	+ 5.7	+ 6.1	+ 6.3
Septembre..	+ 0.7	+ 1.1	+ 1.4	+ 1.7	+ 1.9	+ 2.2	+ 2.5	+ 2.7
Octobre....	— 2.0	— 1.7	— 1.4	— 1.1	— 0.9	— 0.5	— 0.2	— 0
Novembre..	— 5.0	— 4.8	— 4.4	— 4.1	— 3.7	— 3.5	— 3 3	— 3.0
Décembre...	— 5.2	— 5.0	— 4.8	— 4.4	— 4.1	— 3.7	— 3.5	— 3.3

	62°	61°	60°	59°	58°	57°	56°	55°
	Centig.							
Janvier.....	— 0°.5	0°	+ 0°.5	+ 1°.1	+ 1°.7	+ 2°.2	+ 2°.7	+ 3°.3
Février.....	+ 0.5	+ 1.1	+ 1.7	+ 2.2	+ 2.7	+ 3.3	+ 3.8	+ 4.4
Mars.......	+ 3.3	+ 3.8	+ 4.4	+ 5.0	+ 5.5	+ 6.1	+ 6.9	+ 7.2
Avril......	+ 5.8	+ 6.4	+ 6.8	+ 7.2	+ 7.6	+ 8.0	+ 8.6	+ 9.0
Mai........	+ 8.3	+ 8.8	+ 9.4	+10.0	+10.5	+11.1	+11.6	+12.2
Juin.......	+13.3	+13.3	+13 3	+13.5	+13.8	+13.8	+14.1	+14.4
Juillet......	+13.0	+13.0	+13.3	+13.5	+13.8	+14.1	+14.4	+15.0
Août.......	+10.5	+11.1	+11.6	+12.2	+12.7	+13.3	+13.8	+14.4
Septembre..	+ 7.7	+ 8.3	+ 8.8	+ 9.4	+10.0	+10.5	+11.1	+11.6
Octobre....	+ 3.8	+ 4.4	+ 5.0	+ 5.5	+ 6.1	+ 6.6	+ 7.2	+ 7.7
Novembre..	+ 1.1	+ 1.7	+ 2.2	+ 2.7	+ 3.3	+ 3.8	+ 4.4	+ 5.0
Décembre...	+ 0.0	+ 0.5	+ 1.1	+ 1.7	+ 2.2	+ 2.7	+ 3.3	+ 3.8

depuis le 80me. degré de latitude jusqu'au 10me.

72°	71°	70°	69°	68°	67°	66°	65°	64°	63°
Centig.									
− 3°.3	− 3°.0	− 2°.7	− 2°.5	− 2°.5	− 2°.2	− 2°.2	− 2°.2	− 1°.7	− 1°.1
− 3.0	− 2.7	− 2.5	− 2.2	− 2.2	− 2.0	− 1.7	− 1.1	− 0.5	0.0
− 0.5	− 0.3	0.0	+ 0.2	+ 0.5	+ 0.7	+ 1.1	+ 1.7	+ 2.2	+ 2.7
+ 2.2	+ 2.5	+ 2.8	+ 3.0	− 3.5	+ 3.7	+ 4.0	+ 4.6	+ 5.1	+ 5.5
+ 4.4	+ 4.6	+ 5.0	+ 5.2	+ 5.5	+ 5.7	+ 6.1	+ 6.6	+ 7.2	+ 7.7
+11.8	+12.2	+12.2	+12.4	+12.4	+12.0	+12.7	+12.7	+12.9	+12.9
+11.3	+11.6	+11.8	+11.8	+11.8	+12.2	+12.4	+12.4	+12.7	+12.7
+ 6.6	+ 6.9	+ 7.2	+ 7.4	+ 7.7	+ 8.3	+ 8.8	+ 9.0	+ 9.4	+10.0
+ 3.3	+ 3.5	+ 3.7	+ 4.0	+ 4.4	+ 5.0	+ 5.5	+ 6.1	+ 6.6	+ 7.2
+ 0.2	+ 0.5	+ 0.8	+ 1.1	+ 1.1	+ 1.7	+ 2.2	+ 2.7	+ 3.0	+ 3.3
− 2.7	− 2.5	− 2.2	− 2.0	− 1.7	− 1.1	− 0.5	0	+ 0.2	+ 0.5
− 3.0	− 2.7	− 2.5	− 2.2	− 2.2	− 1.7	− 1.1	− 0.9	− 0.5	− 0.5

54°	53°	52°	51°	50°	49°	48°	47°	46°	45°
Centig.									
+ 3°.8	+ 4°.4	+ 5°.0	+ 5°.5	+ 5°.8	+ 5°.8	+ 6°.1	+ 6°.3	+ 6°.6	+ 6°.9
+ 5.0	+ 5.5	+ 6.1	+ 6.6	+ 6.9	+ 6.9	+ 7.2	+ 7.4	+ 7.7	+ 8.0
+ 7.7	+ 8.8	+ 9.4	+10	+10.2	+10.5	+11.3	+11.6	+11.9	+12.4
+ 9.4	+10.0	+10.5	+11.2	+11.4	+12.0	+12.5	+13.0	+13.5	+14.1
+12.7	+13.3	+13.8	+14.4	+14.7	+15.0	+15.5	+16.1	+16.6	+17.2
+14.7	+15.0	+15.0	+15.5	+16.1	+16.6	+17.2	+17.7	+18.3	+18.8
+15.5	+16.1	+16.6	+17.2	+17.4	+17.7	+18.3	+18.8	+19.4	+20.0
+15.0	+15.5	+16.1	+16.6	+17.4	+17.7	+18.3	+18.8	+19.4	+20.0
+12.2	+12.7	+13.3	+13.8	+14.7	+15.0	+15.5	+16.1	+16.6	+17.2
+ 8.3	+ 8.8	+ 9.4	+10.0	+10.2	+10.5	+11.1	+11.5	+12.2	+12.7
+ 5.5	+ 6.1	+ 6.9	+ 7.7	+ 8.0	+ 8.3	+ 8.8	+ 9.4	+10.0	+10.5
+ 4.4	+ 5.0	+ 5.5	+ 6.6	+ 6.9	+ 7.2	+ 7.7	+ 8.3	+ 8.8	+ 9.4

Suite de la table de la température moyenne de chaque

Latitude.	44°	43°	42°	41°	40°	39°	38°	37°
	Centig.							
Janvier.	+ 7°.2	7°.4	7°.7	8°.0	9°.7	10°.5	11°.1	11°.9
Février	8.3	8.8	9.4	10.0	11.6	13.5	14.4	15.5
Mars	13.0	13.5	14.7	15.2	15.5	15.8	16.1	16.6
Avril	14.6	15.2	15.8	16.2	16.1	17.2	17.8	18.1
Mai	17.7	18.3	18.8	19.4	20.0	20.5	21.1	21.3
Juin	19.4	20.0	20.5	21.1	21.3	21.6	21.6	21.6
Juillet	20.5	20.8	21.1	21.1	21.6	21.6	22.2	22.2
Août	20.5	20.8	21.1	21.1	21.6	21.6	22.2	22.2
Septembre	17.7	18.8	20.0	20.5	21.4	21.6	21.9	22.2
Octobre	13.3	13.8	14.4	15.0	15.5	16.1	16.6	17.2
Novembre	11.1	11.6	12.2	12.7	13.3	13.8	14.4	15.0
Décembre	10.1	10.5	11.1	12.6	12.2	12.7	13.3	13.8

	26°	25°	24°	23°	22°	21°	20°	19°
	Centig.							
Janvier	+18°.0	18°.5	19°.5	20°.0	20°.5	21°.6	22°.2	23°.4
Février	21.3	21.6	22.2	22.2	22.4	23.3	23.7	24.4
Mars	22.7	23.0	23.5	23.7	24.0	24.4	25.0	25.2
Avril	23.1	23.5	23.9	24.3	24.7	25.1	25.4	25.6
Mai	24.6	25.2	25.5	25.8	26.3	26.6	26.9	27.2
Juin	24.6	25.5	25.8	26.1	26.3	26.6	26.9	27.4
Juillet	24.6	25.5	25.8	26.1	26.3	26.6	26.9	27.4
Août	24.6	25.5	25.3	26.1	26.3	26.6	26.9	27.4
Septembre	24.6	25.2	25.5	25.8	26.1	26.3	26.6	27.2
Octobre	22.7	23.0	23.5	23.7	24.0	25.0	25.5	26.1
Novembre	21.9	22.2	23.0	23.3	23.5	23.7	24.0	24.4
Décembre	20.2	20.8	21.1	21.6	21.9	22.2	22.5	21.7

mois, depuis le 80me. degré de latitude jusqu'au 10me.

36°	35°	34°	33°	32°	31°	30°	29°	28°	27°
12°.7	13°.5	15°.2	17°.2	17°.2	17°.2	17°.4	17°.4	17°.4	17°.7
16.1	16.6	17.2	18.0	18.8	19.4	20.2	20.2	20.8	20.8
17.2	17.7	18.3	19.1	19.6	20.2	20.8	21.6	22.2	22.5
18.6	19.1	19.6	20.1	20.5	21.0	21.4	21.9	22.3	22.6
21.6	21.9	22.2	22.4	22.7	22.7	23.0	23.5	24.0	24.4
21.9	21.9	22.2	22.4	22.7	22.7	23.0	23.5	24.0	24.4
22.4	22.4	22.4	22.4	22.7	22.7	23.0	23.5	24.0	24.4
22.4	22.4	22.4	22.4	22.7	22.7	23.0	23.5	24.0	24.4
22.4	22.4	22.4	22.4	22.7	22.7	23.0	23.3	24.0	24.4
17.7	18.3	18.8	19.7	20.2	20.8	21.3	21.6	22.4	22.4
15.5	16.1	16.6	17.2	18.0	18.5	19.1	20.0	20.5	20.8
14.4	15.0	15.5	16.1	16.9	17.4	18.0	18.8	19.4	19.7

18°	17°	16°	15°	14°	13°	12°	11°	10°
22°.7	23°.3	23°.3	23°.5	23°.7	24°.4	24°.7	25°.0	25°.2
24.7	25.0	25.2	25.5	25.8	26.1	26.3	26.5	26.6
25.5	25.8	26.1	26.3	26.6	27.1	27.2	27.4	27.6
26.0	26.3	26.5	26.8	27.1	27.3	27.5	27.7	27.9
27.4	27.7	28.0	28.3	28.3	28.5	28.8	28.8	29.0
27.7	28.0	28.3	28.5	28.6	28.8	28.9	29.0	29.1
27.7	28.0	28.3	28.5	28.6	28.8	28.9	29.0	29.1
27.7	28.0	28.3	28.5	28.6	28.8	28.9	29.0	29.1
27.4	27.7	28.0	28.3	28.3	28.5	28.8	28.9	29.0
26.6	27.2	27.4	27.7	28.0	28.3	28.5	28.7	28.8
25.0	25.5	25.8	26.1	26.3	26.6	26.9	27.1	27.2
23.3	23.7	24.0	24.4	24.7	25.0	25.2	25.5	25.8

On voit par cette table que le mois de janvier est le mois le plus froid dans chaque latitude; que dans toutes les latitudes au-delà de 48°, le mois le plus chaud est généralement celui d'août. Dans les latitudes au-dessous de ce terme, les différences entre les mois les plus chauds et les mois les plus froids augmentent en raison de la distance à l'équateur. Chaque latitude habitable jouit d'une chaleur moyenne de 15°.55 centig. pendant au moins deux mois. Cette température semble être nécessaire à la production du grain. Dans les dix degrés de latitude en deçà des pôles, les températures ne diffèrent que de très-peu, de même qu'elles ne varient pas beaucoup non plus dans les dix degrés en deçà de l'équateur. Près de l'équateur les différences dans les températures des années sont très-peu sensibles, mais elles deviennent de plus en plus considérables, à mesure que les latitudes se rapprochent des pôles.

[*La température diminue avec la hauteur de l'air.*] 2. Il est bien connu que la température de l'atmosphère diminue graduellement en raison de ce que son élévation au-dessus du niveau de la mer augmente. C'est ainsi que le docteur Hutton d'Edimbourg trouva qu'un thermomètre placé au haut du château d'Arthur, se tenoit ordinairement à près de 2°.5 centig. plus bas

qu'un autre placé au pied de ce château. Ainsi une élévation de 244 mètres produit une diminution d'environ 2°.5 centig. dans la température. Suivant les observations de Bouguer, le thermomètre reste stationnaire à — 1°.11 centig. sur le sommet du Pinchinea, tandis qu'au niveau de la mer et à la même latitude il se maintient à 28°.88 centig. Ici une élévation d'environ 4700 mètres occasionne une diminution de température de 30° centig. Mais si on ne peut révoquer en doute le fait de cette diminution graduelle de température, à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, il n'est pas facile d'établir la loi qu'elle suit. Euler suppose que ce décroissement a lieu en progression harmonique; mais les observations se trouvent être en contradiction avec cette opinion. Saussure évalue cette diminution de température, dans les climats tempérés, à 0°.55 centig. par chaque élévation d'environ 88 mètres; mais Kirwan a fait voir que ce n'est pas ainsi qu'elle a lieu, et que sa marche varie avec la température à la surface de la terre. Nous sommes redevables à ce savant (1) d'une méthode très-ingénieuse pour déterminer cette diminution dans chaque cas particulier,

(1) Irish. Trans. VIII. 356.

en supposant connue la température à la surface de la terre.

Puisque la température va continuellement en diminuant à mesure que nous nous élevons au-dessus du niveau de la mer, il est évident qu'à une certaine hauteur dans l'atmosphère, on arrive à la région d'une congélation perpétuelle. Cette région varie en hauteur suivant la latitude du lieu : c'est à l'équateur qu'elle est la plus élevée, et elle descend graduellement plus près de la terre à mesure qu'on approche des pôles. La hauteur de cette région varie aussi suivant la saison : c'est dans l'été qu'elle est la plus considérable, et dans l'hiver qu'elle est la plus petite. M. Bouguer trouva qu'au sommet du Pinchinea, l'une des montagnes de la chaîne des Andes, le froid s'étend chaque matin, immédiatement avant le lever du soleil, de 4 à cinq degrés centig. au-dessous du point de congélation, et il en conclut que la hauteur moyenne du *terme de congélation* (lieu où il gèle pendant quelque partie du jour tout le long de l'année), étoit entre les tropiques, d'environ 4750 mètres au-dessus du niveau de la mer; mais au 28me. degré de latitude, il plaça cette hauteur en été à environ 4100 mètres. Or, en prenant la différence entre la température à l'équateur et le point de congélation, il est évident que cette hauteur moyenne

sera avec le terme de congélation à l'équateur, dans le même rapport que celui qui existe entre la différence de la température moyenne de tout autre degré quelconque de latitude au point de congélation, et le terme de congélation à cette latitude. Ainsi, la température moyenne à l'équateur étant de 28°.88 centig., la différence entre cette température et le point de congélation 0°. sera de cette même quantité de 28°.88 : la température moyenne au 28me degré de latitude est de 22°.38 centig., quantité qui est également à cette latitude la différence de température au point de congélation 0°., donc 28°.88 : 22°.38 : : 4750 mill. 3680 mètres. Ce fut de cette manière que Kirwan calcula et établit la table qui suit.

Latitude.	Hauteur moyenne du terme de congélation.
	Mètres.
0.	4750.
5.	4714.
10.	4595.
15.	4422.
20.	4184.
25.	3974.
30.	3536.
35.	3253.
40.	2750.
45.	2336.
50.	1909.
55.	1498.
60.	1124.
65.	767.
70.	475.
75.	228.
80.	37.

Au-delà de cette hauteur dans l'atmosphère qu'on a désignée en l'appelant le terme inférieur de congélation, et qui doit varier avec la saison ainsi que par d'autres circonstances, M. Bouguer en a distingué une autre qu'il a appelée terme *supérieur* de congélation; c'est-à-dire, le point au-dessus duquel il ne s'élève plus de vapeur visible. Kirwan considère ce terme supérieur de la congélation comme étant beaucoup moins susceptible de variation dans les mois d'été que le

terme inférieur, et en conséquence il en a fait choix pour déterminer la marche de la diminution de température, à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère. Bouguer fixa la hauteur de ce terme dans un seul cas, et Kirwan a formé la table qui suit de son élévation pour chaque degré de latitude dans l'hémisphère septentrional.

Table de la hauteur du terme supérieur de congélation aux différentes latitudes de l'hémisphère septentrional.

Latitude nord.	Mètres.	Latitude nord.	Mètres.
0°.	8540m.	21°.	7443m.
5	8474	22	7365
6	8421	23	7286
7	8389	24	7208
8	8346	25	7144
9	8303	26	6986
10	8261	27	6828
11	8198	28	6671
12	8136	29	6413
13	8074	30	6356
14	8012	31	6250
15	7949	32	6145
16	7863	33	6039
17	7778	34	5934
18	7692	35	5847
19	7607	36	5666
20	7522	37	5485

Suite de la Table de la hauteur du terme supérieur de congélation aux différentes latitudes de l'hémisphère septentrional.

LATITUDE nord.	MÈTRES.	LATITUDE nord.	MÈTRES.
38°.	5365m.	65°.	1449m.
39	5124	66	1429
40	4943	67	1408
41	4792	68	1387
42	4641	69	1366
43	4490	70	1346
44	4339	71	1328
45	4188	72	1309
46	4037	73	1292
47	3886	74	1274
48	3735	75	1256
49	3584	76	1240
50	3432	77	1225
51	3088	78	1208
52	2734	79	1193
53.	2381	80	1178
54	2027	81	1164
55	1713	82	1149
56	1688	83	1136
57	1658	84	1121
58	1630	85	1107
59	1602	86	1095
60	1570	87	1084
61	1546	88	1072
62	1522	89	1060
63	1498	90	1047
64	1473		

Par la méthode suivante de Kirwan on pourra déterminer la température à toute hauteur requise, celle à la surface de la terre étant connue.

Soit la température observée à la surface de la terre $= m$, la hauteur donnée $= h$, et la hauteur du terme supérieur de congélation pour la latitude donnée $= t$, alors

$$\frac{\frac{m}{\frac{t}{31}}}{} - 0.55 =$$ la diminution de température par chaque élévation de 31 mètres, ou la différence commune des termes de la progression cherchée. En exprimant cette différence commune ainsi trouvée par C, alors $C \times \frac{h}{31}$ sera la diminution totale de température de la surface de la terre à la hauteur donnée. Si on désigne cette diminution par d, alors $m - d$ est évidemment la température cherchée.

Un exemple suffira pour donner une idée de la justesse de cette formule.

Au 56e. degré de latitude, la chaleur inférieure étant 12°.22. cent., on demande quelle seroit la température de l'air à la hauteur de 245 mètres?

Ici $m = 12.22$, $t = 1688$,

$$\frac{m}{\frac{t}{31}} - 0.55 = 0.0073 = C, \text{ et}$$

$C \times \frac{h}{31} = 0.0073 \times 245 = 1.789 = d$, et $m - d = 12.22 - 1.789 = 10.43$; d'où l'on voit que la température de l'air à 245 mètres au-dessus de la surface de la terre est de 10°.43 centigr.

Par cette méthode d'estimation de la diminution de température, méthode qui concorde d'une manière remarquable avec l'observation, on voit que cette diminution a lieu suivant une progression arithmétique. Il s'ensuit, que la chaleur de l'air à distance de la terre, n'est pas due à l'ascension de couches chaudes d'air de la surface de la terre, mais à la faculté conductrice de l'air.

[*Régions supérieures plus chaudes en hiver*. 3.] Cette règle ne s'applique cependant qu'à la température de l'air pendant les mois d'été. Dans l'hiver la température des couches supérieures de l'atmosphère est souvent plus chaude que celle des couches inférieures. C'est ainsi qu'un thermomètre placé le 31 janvier 1776, sur le sommet du château d'Arthur, se maintint à 3°.33 centig. plus haut qu'un autre thermomètre à Hawkhill, lieu situé à environ 209 mètres plus bas (1).

---

(1) Roy, Phil. Trans. 1777.

Cette chaleur supérieure qu'on observe avoir presque uniformément lieu en hiver, Kirwan l'attribue à un courant d'air chaud venant de l'équateur, qui se porte, pendant notre hiver, vers le pôle nord (1).

4. On peut donc trouver ainsi le moyen de déterminer la température moyenne annuelle sur tout le globe. Il est cependant à ces règles générales plusieurs exceptions dont nous allons parler.

[*Océan pacifique septentrional.*] Cette partie de l'océan pacifique septentrional, qui se trouve située entre les 52 et 66mes. degrés de latitude nord, n'a pas plus de 675 kilom. de largeur à son extrémité septentrionale, et de 2089 kilom. à son extrémité sud. On peut donc raisonnablement supposer que sa température sera considérablement influencée par les terres environnantes, qui consistent dans des rangs de montagnes couvertes de neige pendant une grande partie de l'année, et qui sont, en outre, parsemées d'îles et de grandes élévations. Kirwan en conclut que sa température est au moins de 2°.22 à 2°.77 centig. au dessous de la température servant de terme de comparaison; mais

(1) Irisch Trans. VIII, 375.

nous manquons à cet égard d'un nombre suffisant d'observations, pour déterminer avec précision cette différence de température.

[2. *Hémisphère méridional.*] On est généralement d'opinion que la portion de l'hémisphère méridional située au-delà du 40me degré de latit., est considérablement plus froide que les parties correspondantes de l'hémisphère septentrional. Kirwan a fait voir qu'il n'en est ainsi que relativement à l'été de l'hémisphère méridional, mais que l'hiver y est plus doux aux mêmes latitudes que dans l'hémisphère septentrional (1).

[3. *Petites mers.*] Les petites mers environnées de terre sont généralement, dans les climats tempérés et froids, plus chaudes en été et plus froides en hiver que l'océan dont la température sert de terme de comparaison, parce que la température de la terre a une grande influence sur celle de ces mers. Le golfe de Bothnie, par exemple, est glacé pendant la plus grande partie de l'hiver; mais il est quelquefois, pendant l'été, à 21°.11 centig. de chaleur, température qui ne se rencontre jamais dans la partie opposée de l'Atlantique (2). La mer d'Allemagne est d'environ 2° centig. plus froide en hiver, et

(1) Irisch Trans. VIII, 417.

(2) Mém. Stock. 1776.

de près de 3°. centig. plus chaude en été que l'Atlantique (1). La Méditerranée, dans la plus grande partie de son étendue, est plus chaude et en été et en hiver que l'Atlantique qui y coule. La mer noire est plus froide que la Méditerranée, et se jette dans cette mer (2).

[4. *Amérique septentrionale.*] Les parties de l'est de l'Amérique septentrionale sont beaucoup plus froides que la côte opposée d'Europe, et la température s'y abaisse au-dessous de la température étalon d'environ 6° à 7° centig., ainsi que l'indiquent les tables météorologiques d'Amérique (3). Cette différence remarquable

---

(1) Kirwan, *Température of lat*, p. 53.

(2) *Ibid.*

(3) Je dois à un officier instruit, qui en a tenu registre pendant les 8 années de 1776 à 1784, la connoissance de l'indication que je donne ici des termes extrêmes de froid et de chaleur à Montréal et dans les trois rivières du Canada.

« Dans l'été le plus chaud, le thermomètre ne s'est pas élevé à plus de 34°.44 centigr., quoiqu'on ait dit que cette élévation a été, à Quebec, de 35°.55, et même de 36°.66 centigr. : mais dans le lieu où ces observations furent faites, l'élévation du thermomètre étoit généralement de 27 à 29° centigr. dans les étés les plus chauds, et son terme moyen dans les étés ordinaires étoit d'environ 21°.11 centigr.

Dans les plus fortes gelées, le thermomètre s'abaissoit à 42°.77 centigr. au-dessous de zéro. C'est ce qui arriva

tient à plusieurs canses. C'est entre les 40 et 50mes degrés de latitude nord, et entre les 100 et 110mes degrés de longitude occidentale de Londres, qu'est située la partie la plus élevée de l'Amérique septentrionale; car c'est là que les plus grands fleuves prennent naissance. Cette grande élévation rend donc cette portion de pays plus froide qu'elle ne le seroit sans cela. Elle est couverte de forêts immenses, elle abonde en vastes étangs et marais qui ne lui permettent de recevoir aucun degré de chaleur, de manière que la rigueur de l'hiver y est beaucoup moins tempérée par la chaleur de la terre que dans l'ancien continent. A l'est sont de très-grands lacs, et plus avant au nord la baie d'Hudson, ayant au sud, à environ 8 myriamètres, une chaîne de montagnes qui l'empêche de recevoir aucune chaleur de cette partie.

---

trois fois dans les huit années, savoir, les 23 et 25 février 1782, et le 18 février 1784. »

« Dans les hivers ordinaires, le thermomètre, aux trois rivières, se tenoit de 23°.33 à 31°.66 centigr. au-dessous de zéro; et dans les hivers rigoureux, de 31°.66 à 37°.22 centigr. au-dessous de zéro. »

« Les observations d'été furent faites depuis environ neuf heures du matin jusqu'à trois heures après midi. Celles d'hiver, avant le lever du soleil, vers neuf heures, et quelque fois 10 heures de la nuit. »

Cette baie est terminée à l'est par le pays montagneux du Labrador et par un grand nombre d'îles, d'où résultent le refroidissement des vents du nord-ouest et l'abaissement de température. Mais comme la partie cultivée de l'Amérique septentrionale est actuellement beaucoup plus chaude qu'elle ne l'étoit autrefois, il y a lieu de s'attendre à voir le climat devenir encore plus doux lorsque le pays sera de plus en plus éclairci de bois, quoiqu'il soit possible que sa température ne devienne jamais égale à celle de l'ancien continent.

[5. *Iles.*] Les îles sont plus chaudes que les continens à la même latitude ; et les contrées situées sous le vent de montagnes et de forêts étendues, sont moins chaudes que celles qui sont dans la position contraire. Les pierres ou le sable ont moins de capacité pour le calorique que la terre, qui a toujours un peu d'humidité ; et par conséquent ils s'échauffent ou se refroidissent plus promptement, et à un degré plus considérable : c'est ce qui produit la chaleur violente de l'Arabie et de l'Afrique, et le froid intense de la Terre de feu. Les végétaux vivans altèrent très-lentement la température de ces contrées ; mais leur évaporation est grande ; et s'ils sont en masse et rassemblés, comme dans les forêts, ils empêchent la terre de recevoir les

rayons du soleil, et ils abritent la neige d'hiver du vent et du soleil. Il en résulte donc que les contrées boisées sont beaucoup plus froides que celles qui sont en culture.

SECTION III.

De l'évaporation et de la pluie.

[*Nature de la vapeur.*] Nous avons déja eu lieu de conclure, que l'eau de l'atmosphère y existe à l'état de *vapeur*. C'est par les expériences de Deluc et de Saussure que nous avons acquis beaucoup de nos connoissances sur les propriétés de la vapeur. La vapeur est un fluide élastique invisible comme l'air atmosphérique, mais plus léger. Ce fluide est, suivant Saussure, à l'air ordinaire de même élasticité :: 10 : 14, ou, d'après Kirwan, :: 10 : 12. Il ne peut acquérir au-delà d'un certain maximum de densité, sans éprouver une augmentation correspondante dans sa température, autrement les molécules d'eau qui le composent, s'unissent ensemble, et forment de petites vésicules creuses visibles. Dans cet état, on donne au fluide le nom de *vapeur vésiculaire* dont la pesanteur spécifique est la même que celle de l'air atmosphérique. C'est de cette vapeur que

les nuages et les brouillards se composent. Ce maximum de densité augmente avec la température ; et au terme de l'ébullition de l'eau, elle est devenue telle que la vapeur peut résister à toute la pression de l'air, et exister dans l'atmosphère en toute quantité.

Nous avons vu précédemment que l'eau chauffée à 100° centig. entre en ébullition et se convertit rapidement en vapeur; et que le même effet est produit à des températures beaucoup plus basses ; mais, dans ce cas, la conversion en vapeur s'opère plus lentement, et l'élasticité de la vapeur est moindre. Comme la surface de la terre est couverte d'eau en très-grande partie, que cette eau s'évapore continuellement et qu'elle se mêle avec l'atmosphère à l'état de vapeur, ce doit être un objet d'une grande importance en météorologie qu'une détermination précise de la marche que suit cette évaporation. Il a été fait, en conséquence, par différens physiciens, beaucoup de recherches et un grand nombre d'expériences à ce sujet. Aucun d'eux n'a aussi complètement réussi que Dalton : mais beaucoup de faits particuliers intéressans avoient été préalablement établis et constatés par les travaux de Richman, Lambert, Wallerius, Leidenfrost, Watson, Saussure, Deluc, Kirwan et autres.

[*Evaporation bornée à la surface.*] 1. L'éva-

poration n'a lieu qu'à la surface de l'eau, et c'est par cette raison que dans tous les cas elle est proportionnelle à l'étendue de cette surface exposée à l'atmosphère. Il s'élève en conséquence beaucoup plus de vapeurs dans les contrées maritimes, ou dans celles entrecoupées de lacs, que dans les pays situés dans l'intérieur des terres.

2. Il se produit beaucoup plus de vapeurs dans les tems chauds que dans les tems froids; ainsi la quantité évaporée dépend jusqu'à un certain point de la température.

[*Evaporation proportionnelle à la température.*] La loi précise que suit l'évaporation en raison de la température, a été découverte d'une manière heureuse par Dalton. Après avoir rempli d'eau un vase cylindrique d'étain de 83 millimètres de diamètre et de 63 millimètres de profondeur, il le tenoit pendant quelque tems justement au terme de l'ébullition. La perte en poids étoit de 1940 milligrammes par minute lorsque l'expérience se faisoit dans une chambre fermée et sans aucun courant d'air; et cette diminution de poids étoit de 2263 millig. par minute, lorsque le vase étoit placé sur le feu dans la cheminée, avec un tirage d'air modéré, la chambre étant fermée. Avec un feu plus vif et un tirage d'air plus fort, l'évaporation étoit de 2586 millig. par

minute. Enfin, dans un grand courant d'air, il suppose qu'on obtiendroit de la même manière une évaporation de 3880 millig. par minute. A la température de 82°.22 centig., la quantité évaporée étoit des 0.50 environ de celle qui avoit lieu à 100° centig.

à 73°.33 centig., la quantité évaporée étoit des 0.33 de celle à 100° cent.
à 66°.66. . . . . des 0.25
à 62°.22. . . . . des 0.20
à 58°.88. . . . . des 0.16

Et, en général, la quantité évaporée par minute, d'une surface donnée d'eau à toute température quelconque, est à la quantité évaporée de la même surface à la température de 100° centig., comme la force de la vapeur à la première température est à la force de la vapeur à celle de 100° centig. ; d'où il s'ensuit que pour déterminer la quantité d'eau qui se perd par évaporation à une température donnée, il suffit de connoître la force de la vapeur à cette température. Ainsi l'on voit que la présence de l'air atmosphérique est un obstacle à l'évaporation de l'eau ; mais que cette résistance est détruite en proportion de la force de la vapeur.

3. La quantité de vapeur qui s'élève de l'eau, lors même que la température ne change pas, varie suivant les circonstances. C'est dans les

tems calmes que cette quantité est la plus foible. Par un vent frais, elle est plus grande; lorsque le vent soufle avec force, elle est la plus considérable de toutes. La table suivante, construite par Dalton, indique la quantité de vapeur élevée d'une surface circulaire de 152 millim. de diamètre dans des températures atmosphériques. La première colonne exprime la température en degrés de Fahrenheit, rapportés ici à ceux correspondans de l'échelle centigrade; la seconde colonne donne la force de la vapeur en pouces anglais, réduits en millimètres; les trois autres colonnes indiquent le nombre de grains troy d'eau, convertis en grammes, que perdroit par évaporation une surface de 152 millim. dans les températures respectives, en supposant qu'il n'y ait pas déja de vapeur aqueuse dans l'atmosphère. Ces trois colonnes présentent le *minimum*, le *maximum* et le terme moyen de l'évaporation, telle, ou à-peu-près telle, qu'elle a été établie par expériences; car la première colonne est calculée sur la supposition de 2263 millig. de perte par minute dans un vaisseau de 83 millim. de diamètre, la seconde l'est sur celle de 2910 millig., et la troisième sur celle de 3556 millig. par minute (1).

(1) Manchester Mém., VIII. 584.

Table indiquant pour chaque degré de température entre celles de —6°.67 et de 29°.45 centigr., la force de la vapeur et la force d'évaporation; celle-ci exprimée en nombre de milligrammes d'eau enlevés par minute d'une surface de 152 millimètres de diamètre, en supposant qu'il n'existe pas déja de vapeur aqueuse dans l'air ambiant.

TEMPÉRATURE 100° centigr.	FORCE de vapeur en millimètres.	FORCE D'ÉVAPORATION en milligrammes.		
	761	7760	9960	12220
— 6°.67	3.272	33.6	43.3	53.
— 6.11	3.399	34.9	44.6	55.
— 5.55	3.526	36.2	45.9	56.9
— 5.	3.653	37.5	47.2	58.8
— 4.45	3.805	38.8	49.8	60.8
— 3.90	3.957	39.1	51.1	62.7
— 3.34	4.109	41.	53.	66.
— 2.78	4.261	43.6	55.6	67.0
— 2.23	4.413	45.5	58.2	71.1
— 1.67	4.565	46.8	60.1	73.1
— 1.11	4.717	48.1	61.4	75.7
— 0.55	4.895	50.	64.	78.2
0.	5.073	51.9	66.6	81.5
+ 0.55	5.251	53.6	69.2	84.1
1.11	5.429	55.5	71.8	87.3
1.67	5.607	57.4	73.7	89.9
2.23	5.810	59.3	76.3	93.8
2.78	6.013	61.2	78.9	96.4

Suite de la Table indicative.

TEMPÉRATURE 100° centigr.	FORCE de vapeur en millimètres. 761	FORCE D'ÉVAPORATION en milligrammes. 7760	9960	12220
+ 3°.34	6.216	63.1	81.5	99.6
3.90	6.444	65.7	84.7	103.5
4.45	6.672	67.6	87.3	106.7
5.	6.926	70.2	90.5	110.6
5.55	7.180	72.8	93.8	115.1
6.11	7.459	76.	97.6	119.6
6.67	7.738	78.6	101.6	124.2
7.23	8.016	81.2	104.8	128.7
7.78	8.295	84.4	108.6	133.2
8.34	8.599	87.6	113.2	137.7
8.90	8.903	90.3	116.4	142.3
9.45	9.208	93.5	120.3	147.4
10.	9.513	96.7	124.2	152.6
10.55	9.843	99.9	128.7	157.8
11.11	10.173	103.5	133.2	162.3
11.67	10.528	107.4	137.7	168.8
12.23	10.883	110.6	142.3	173.9
12.78	11.238	114.5	147.4	179.8
13.34	11.619	118.4	152.	186.2
13.90	12.025	122.9	157.1	192.7
14.45	12.431	126.8	163.	199 2
15.	12.863	131.3	168.8	206.3
15.55	13.294	135.8	174.6	213.4
16.11	13.749	140.3	180.4	220.5
16.67	14.204	144.8	186.2	227.7
17.23	14.659	149.3	192.1	234.8
17 78	15.141	154.5	198.5	243.1
18.34	15.623	159.	204.4	250.2
18.90	16.105	164.3	211.5	258.
19.45	16.612	169.4	217.9	266.4

Suite de la Table indicative.

TEMPÉRATURE 100° centigr.	FORCE de vapeur en millimètres. 781	FORCE D'ÉVAPORATION en milligrammes. 7760	9960	12220
+ 20°.	17.148	174.6	224.4	274.2
20.55	17.707	180.4	232.1	283.2
21.11	18.290	186.3	239.2	292.9
21.67	18.899	192.7	247.7	302.6
22.23	19.533	199.2	256.1	313.
22.78	20.192	205.6	264.5	323.3
23.34	20.877	212.9	273.5	334.3
23.90	21.587	219.8	282.6	345.3
24.45	22.322	227.3	292.3	357.6
25.	23.083	236.	302.6	369.9
25.55	23.844	243.1	312.3	382.2
26.11	24.630	250.9	322.6	394.5
26.67	25.368	258.6	332.4	406.7
27.23	26.382	269.	345.9	422.9
27.78	27.144	276.8	356.6	435.2
28.34	27.905	284.5	366.	446.8
28.90	28.920	294.9	378.9	463.6
29.45	29.681	302.6	392.5	482.4

4. Telle est la quantité de vapeur qui s'éleveroit dans différentes circonstances, en supposant qu'il n'y en eût pas de disséminée dans l'atmosphère ; mais une pareille supposition ne peut jamais être admise, parce que, dans aucun cas, l'atmosphère n'est complètement

dépouillée de vapeur. On a vu précédemment comment, au moyen de l'appareil très-simple de Dalton, on peut déterminer la force de la vapeur existant dans l'atmosphère ; or, pour connoître la marche de l'évaporation, il suffit de trouver la force de cette vapeur dans l'atmosphère, et de la soustraire de la force de la vapeur à la température donnée; le reste sera la force actuelle d'évaporation dont la table indiquera la proportion. Si, par exemple, on vouloit avoir le taux d'évaporation à la température de 15° centig., on voit par la table que la force de la vapeur à cette température est de 12.863 millim. Supposons à présent qu'on se soit assuré, par expérience, que la force de la vapeur déja disséminée dans l'atmosphère est de 6.431 millim.; alors, en retranchant cette dernière quantité de la première, on aura, pour la force d'évaporation cherchée, 6.431 millim., qui est précisément la moitié de ce qu'elle seroit, s'il n'eût pas préalablement existé de vapeur dans l'atmosphère.

On voit par la table que, dans cette supposition, une surface de 152 millimètres de diamètre, perdroit à chaque minute, par évaporation, 64.66 milligr., au lieu de 129.32 milligr. qui auroient été convertis en vapeur, s'il n'avoit pas déja existé de vapeur

dans l'atmosphère. Si la force de la vapeur dans l'atmosphère eût été de 12.863 milligram., où égale à la force de la vapeur à la température de 15° centigr., alors il ne se seroit point élevé de vapeur de l'eau; et si la force de la vapeur existant dans l'atmosphère excédoit la force de la vapeur à la température de 15°, dans ce cas, au lieu d'évaporation, il se déposeroit de l'humidité sur la surface de l'eau.

Ces observations générales, qui toutes appartiennent à Dalton, expliquent d'une manière satisfaisante la plupart des anomalies qui avant lui avoient embarrassé les physiciens; on doit donc considérer ses découvertes, à cet égard, comme les additions les plus importantes qui aient été faites depuis longtems à la science de la météorologie.

5. Comme la force de la vapeur existant dans l'atmosphère est rarement égale à celle de la vapeur de la température atmosphérique, on peut considérer, sauf un petit nombre d'exceptions, la marche de l'évaporation comme constante.

[*Quantité d'évaporation de la surface de l'eau.*] On a essayé par beaucoup de moyens divers de parvenir à déterminer la quantité d'eau qui s'évapore dans le cours d'une année; mais ce problème présente trop de difficultés pour

qu'on dût s'attendre à autre chose qu'à une approximation dans les tentatives qu'on a pu faire pour le résoudre. Il résulte des expériences faites par le docteur Dobson de Liverpool, dans les années 1772, 1773, 1774 et 1775, que l'évaporation moyenne annuelle de la surface de l'eau s'élève à 934 millim. (1). La proportion pour chaque mois étoit ainsi qu'il suit :

	Millimètres.
Janvier	38.08
Février	45.
Mars	67.02
Avril	83.78
Mai	110.19
Juin	112.
Juillet	129.74
Août	127.20
Septembre	80.74
Octobre	63.72
Novembre	38.33
Décembre	37.83

Dalton trouva que l'évaporation de la surface de l'eau, dans un des jours les plus secs et les plus chauds de l'été, s'élevoit au-delà de cinq millimètres.

(1) Phil. Trans. LXVIII. Dalton, Manchester Mém. V. 358.

[*Quantité d'évaporation de la terre.*] Si on peut en croire M. Williams, l'évaporation de la surface de la terre, couverte d'arbres et d'autres végétaux, est des 0.33 environ plus considérable que celle de la surface de l'eau. Mais la vérité de ce fait n'a pas été confirmée par d'autres physiciens. Il résulteroit de ses expériences qu'à Bradford, dans la Nouvelle Angleterre, l'évaporation, en 1792, se seroit élevée à plus de 1100 millimètres; mais on peut présumer, d'après la manière dont il opéroit, que ce résultat devoit être exagéré.

On voit, par une expérience du docteur Watson, faite le 2 juin 1779, après un mois de sécheresse, que l'évaporation d'une pièce de pré de 645 millim. carrés, s'élevoit à près de 78 milligr. par heure, ou de 1872 milligr. dans 24 heures, ce qui correspond à environ 1.550 millim. Dans une autre expérience, après une semaine entière sans pluie, la chaleur de la terre étant d'environ 43° centig., il trouva que l'évaporation étoit presque deux fois aussi considérable, ou de 2.742 millim. dans le jour (1). Le terme moyen de ces deux expériences est de 2.146 millim., s'élevant pour la totalité du mois de juin, à 64.380 millim.

(1) Watson's *Chemical Essays*, III, 54.

En supposant que cette proportion d'évaporation soit pour l'année totale dans le même rapport que l'évaporation trouvée par les expériences du docteur Dobson pour le mois de juin l'est à celle de l'année entière, nous aurons une évaporation annuelle moyenne d'environ 560 millim. Ce taux d'évaporation est beaucoup plus foible que celui résultant des expériences de M. Williams ; mais la méthode du docteur Watson n'étoit pas susceptible d'une grande précision. Il recueilloit la vapeur qui s'élevoit sur les parois intérieures d'un verre à boire ; or il étoit impossible que le verre pût condenser beaucoup au-delà de la moitié de ce qui s'en élevoit ou de ce qui s'en seroit élevé dans d'autres circonstances ; mais pour contre-balancer ce désavantage, il faisoit ses expériences dans la partie du jour la plus chaude, pendant laquelle il s'élève beaucoup plus de vapeur que dans toute autre.

[*Expériences de Dalton.*] Les expériences les plus exactes qui aient été faites sur l'évaporation de l'eau de la surface de la terre, sont celles de Dalton et de Hoyle, pendant l'année 1796 et les deux suivantes, et c'est ainsi qu'ils y procédoient. Ayant pris un vaisseau cylindrique de fer-blanc, de 254 millim. de diamètre, et de 9 décimètres environ de hauteur, ils y

insérèrent deux tuyaux disposés par le bas de manière que l'eau pût s'en écouler dans des bouteilles; l'un des tuyaux fut placé près du fond du vaisseau, et l'autre à environ 25 millim. au-dessous de la partie supérieure. Le vaisseau fut rempli avec du gravier et du sable jusqu'à quelques centimètres de sa hauteur, et pour tout le surplus avec de bonne terre fraîche. Il fut ensuite placé dans un trou pratiqué en terre, et garni de terre à l'entour, excepté seulement sur un côté qu'on avoit laissé libre pour avoir la facilité d'adapter les bouteilles aux deux tuyaux. On versoit alors de l'eau sur la terre pour l'humecter, et tout autant qu'il en falloit pour l'imbiber et la traverser, sans qu'il y en eût assez pour qu'on put la considérer comme en étant saturée. On tenoit pendant quelques semaines la terre dans le vaisseau au-dessus du niveau du tuyau supérieur, mais ensuite constamment un peu au-dessous, afin d'éviter qu'il ne s'écoulât de l'eau à travers. Pendant la première année, la surface de la terre à la partie supérieure du vaisseau étoit restée nue; mais dans les deux dernières années elle se couvrit d'herbe comme un champ de verdure. Les choses étant ainsi, on tint régulièrement un registre exact de la quantité d'eau de pluie qui s'écoula de la surface de la terre par le

tuyau supérieur, et aussi de la quantité de cette eau qui traversa la terre, le gravier et le sable dans toute la hauteur du vaisseau pour s'écouler par le tuyau inférieur. On tenoit fermé un garde-pluie de même diamètre (1), pour connoître la quantité de pluie à toute époque quelconque correspondante. En retranchant le poids de l'eau écoulée par les deux tubes de celui de l'eau dans le garde-pluie, on considéroit le surplus comme devant être le poids de l'eau évaporée de la terre que contenoit le vaisseau. La table qui suit présente le résultat annuel moyen de ces expériences (2).

---

(1) J'ai cru pouvoir désigner ainsi l'appareil qui sert à noter les quantités de pluie tombées dans des tems donnés. *Note du traducteur.*

(2) Manchester Mém. V. 560.

Mois.	Eau écoulée par les deux tuyaux.			Terme moyen	Terme moyen de la pluie.	Évaporation moyenne.
	Millimètres. an 1796	Millimètres. an 1797	Millimètres. an 1798	Millimètres.	Millimètres.	Millimètres.
Janvier.....	48.269	17.382	45.139	36.903	62.543	25.640
Février.....	45.241	23.358	28.549	32.382	45.826	13.444
Mars.......	10.966	1.781	8.524	7.090	22.951	15.861
Avril.......	5.597	7.106	4.580	5.891	43.689	37.795
Mai........	51.577	62.162	0.254	37.597	106.283	68.686
Juin.......	4.351	18.473	»	7.608	63.179	55.571
Juillet......	3.893	0.636	»	1.509	105.698	104.189
Août.......	»	»	12.884	4.274	90.431	86.157
Septembre..	»	24.834	»	8.274	83.434	75.160
Octobre....	»	17.302		5.767	73.765	67.998
Novembre..	»	26.564	40.559	22.374	74.655	52.281
Décembre...	5.089	78.294	47.785	43.726	81.474	37.752
	174.983	278.212	188.214	213.394	853.928	640.534
Pluie.......	779.354	987.036	795.384			
Evaporation.	604.371	708.824	607.170			

Il paroît, d'après ces expériences, que la quantité de vapeur qui s'élève annuellement de Manchester est d'environ 635 millimètres, et si on y en ajoute, avec Dalton, environ 127 pour la rosée, il en résultera que l'évaporation annuelle sera de 762 millim. En considérant actuellement la situation de l'Angleterre, et la plus grande quantité de vapeur qui s'élève de l'eau, on conviendra sans doute que ce ne sera pas une estimation exagérée que d'évaluer à 889 millim., le terme moyen de la quantité d'eau qui s'évapore annuellement sur toute la surface du globe : or, cette quantité de 889 millim. pour chaque espace de 645 millim. carrés de cette surface, en produira une totale de 3792545 kilomètres cubes pour tout le globe.

Si une quantité aussi prodigieuse d'eau se trouvoit exister tout à la fois dans l'atmosphère, elle en augmenteroit la masse des 0.083 environ, et feroit monter le baromètre d'environ 76 millim.; mais cela n'arrive jamais. Il ne se passe pas de jour qu'il ne pleuve sur quelque point de la terre, de manière qu'une portion de l'eau qui s'évapore de sa surface y est continuellement précipitée. Il seroit en effet impossible que la totalité de l'eau évaporée pût subsister à la fois dans l'atmosphère, au moins à l'état de vapeur.

Les régions plus élevées de l'atmosphère contiennent moins de vapeur que les couches qui avoisinent la surface de la terre. Cette observation fut faite par Saussure et Deluc, qui l'ont appuyée de preuves frappantes.

A quelqu'élévation au-dessus des sommets des montagnes, l'atmosphère est vraisemblablement plus sèche encore ; car Saussure et Deluc ont également remarqué l'un et l'autre que sur les cimes des montagnes l'humidité de l'air étoit beaucoup moindre pendant la nuit que dans le jour. Et on ne peut guère douter que chaque couche d'air ne s'abaisse pendant la nuit au-dessous de sa position dans le jour, effet que produisent le refroidissement et la condensation de la couche la plus voisine de la terre. Il faut cependant que les vapeurs s'élèvent très-haut, car nous voyons les nuages se former bien au-delà des sommets des plus hautes montagnes.

La pluie ne commence jamais à tomber lorsque l'air est transparent : les vapeurs invisibles atteignent d'abord leur maximum, puis sont converties en vapeurs vésiculaires. Il se forme des nuages et ces nuages se dissolvent graduellement en pluie. Cependant cette formation des nuages ne s'opère pas dans toutes les parties de l'horison à la fois ; elle com-

mence à avoir lieu dans un espace particulier, tandis que le reste de l'air continue d'être clair comme auparavant : mais le nuage augmente rapidement jusqu'à ce qu'il s'étende sur tout l'horison et alors la pluie commence.

[*Formation des nuages.*] Quoique ce soit dans les couches les plus basses de l'atmosphère que les vapeurs existent en plus grande quantité, il est cependant à remarquer que ce n'est jamais là que les nuages commencent à se former, mais toujours à quelqu'élévation considérable. Il est à observer aussi que la portion de l'atmosphère où les nuages prennent naissance ne se trouve pas parvenue au terme de l'humidité extrême, ni à un degré voisin de ce terme, même un moment avant leur formation. Elle ne résulte donc pas de ce que l'atmosphère est chargée d'une plus grande quantité de vapeur qu'il n'y en peut rester sans que le maximum de ce qu'elle en peut contenir ne soit outrepassé ; il est plus remarquable encore, que lors de la formation des nuages, la température du point où elle s'opère n'éprouve pas toujours de l'abaissement, quoique ce soit quelquefois le cas. Il arrive au contraire quelquefois, que la chaleur des nuages eux-mêmes est plus considérable que

celle de l'air environnant (1), et par conséquent, leur formation ne peut pas non plus résulter de ce que la faculté de combinaison de l'air avec l'humidité, est diminuée; et loin qu'elle provienne de cette cause, on voit souvent des nuages qui s'étoient maintenus dans l'atmosphère pendant la chaleur du jour, disparoître dans la nuit après que l'air a perdu une partie de sa chaleur.

Il n'est donc pas facile d'expliquer par les principes connus la formation des nuages et de la pluie. Ce n'est l'effet ni de la saturation de l'atmosphère, ni de la diminution de la chaleur, ni du mélange d'airs de températures différentes, ainsi que le docteur Hutton l'a supposé; car il se produit souvent des nuages sans qu'il règne de vent au-dessus ou au-dessous d'eux; et, même, si ce mélange avoit constamment lieu, la précipitation, loin de produire l'effet de la pluie, seroit presqu'imperceptible.

Un fait très remarquable c'est que souvent l'évaporation a lieu pendant un mois entier dans les tems chauds sans qu'il pleuve. C'est ce qui arrive chaque année dans la zône torride, et quelquefois en Angleterre. Ainsi à Calcutta tout le mois de janvier 1785 se

(1) Deluc, *sur la Météorologie*. II. 100.

passa sans pluie (1), et cependant la hauteur moyenne du thermomètre fut pendant tout ce tems d'environ 17° centig. Il ne règna pas de vent haut, et pendant une grande partie du mois il ne fit que très-peu de vent.

La quantité d'eau évaporée pendant la durée d'une semblable sécheresse doit être très-considérable ; cependant l'humidité de l'air au lieu d'augmenter diminue continuellement, et à la fin elle disparoît presqu'entièrement. Car la rosée qui est d'abord abondante, le devient moins chaque nuit ; et si on s'en rapporte aux résultats de l'expérience déja citée du docteur Watson, on n'objectera pas que la quantité d'évaporation est aussi beaucoup moins considérable. Les orages violens par lesquels finit ce long état de sécheresse de l'atmosphère en sont une preuve, et une preuve des plus décisives. Or, que devient donc toute cette humidité ? elle ne s'accumule pas dans l'atmosphère au-dessus de la contrée d'où elle s'évapore, autrement toute l'atmosphère se trouveroit complètement saturée d'humidité dans une période de tems beaucoup moindre que celle d'un mois. Si elle étoit journellement charriée dans les différentes cou-

(1) *Asiatic Researches*, vol. II. Appendix.

ches de l'atmosphère et entraînée vers d'autres régions par des courans d'air supérieurs, comment seroit-il possible de rendre raison des différences d'état d'électricité des nuages situés entre des couches diverses, qui produisent souvent les orages les plus terribles ? Les vapeurs ne sont-elles pas des conducteurs du fluide électrique ; et ne devroient-elles pas chaque jour rétablir l'équilibre de toute l'atmosphère à travers laquelle elles passent ? Si elles avoient traversé ainsi l'atmosphère, il ne devroit y avoir eu de nuages électrisés, ni négativement, ni positivement, et par conséquent, il ne se seroit point formé d'orages. Ces vapeurs n'auroient pu rester dans les couches inférieures de l'atmosphère, et en être journellement transportées par les vents dans d'autres contrées ; car souvent, pendant plusieurs jours, il n'y a pas du tout de vents pour produire cet effet ; dans ce cas aussi, les rosées ne devroient pas diminuer, et la présence des vapeurs ne manqueroit pas d'être indiquée par l'hygromètre.

Il nous est impossible de donner aucune explication de ce phénomène singulier. L'eau ne peut ni séjourner dans l'atmosphère, ni la traverser à l'état de vapeur ; elle doit donc prendre quelque autre forme ; mais quelle est

cette forme? où et comment la prend-elle? c'est ce que nous ne savons pas.

Il y a donc dans ce qui se passe entre l'évaporation et la pluie deux points principaux sur lesquels nous sommes encore jusqu'à présent dans une ignorance complète; 1°. que devient la vapeur après qu'elle est entrée dans l'atmosphère; 2°. comment abandonne-t-elle la nouvelle forme qu'elle doit avoir prise pour retourner à son état de vapeur et tomber en pluie? Tant que par les expériences et les observations ces deux points n'auront pas été éclaircis, il nous sera impossible de nous former une théorie raisonnable et utile de la pluie.

Le docteur Pratt d'Exeter s'est efforcé de prouver dans un traité très-ingénieux, que l'eau est décomposée pendant son évaporation et convertie dans les gaz oxigène et hydrogène; mais comme la présence de ce dernier gaz ne se manifeste point dans l'atmosphère dans le cas même de formation actuelle de la pluie, on ne pourroit rendre raison de ce fait qu'en supposant que les produits de la décomposition sont différens. La théorie de Girtanner sur la composition de l'azote, qui en fait consister les parties constituantes dans les gaz hydrogène et oxigène, écarteroit toute difficulté; mais malheureusement cette théorie est non-

seulement dénuée de preuves, mais encore elle se trouve en opposition avec les propriétés connues de l'eau, de l'azote et de l'hydrogène. Il faut donc se mettre en garde contre toute conclusion sur ce sujet, jusqu'à ce que, par des découvertes ultérieures, on soit parvenu à dissiper l'obscurité qui enveloppe encore jusqu'à présent les phénomènes de la pluie.

[*Quantité de pluie.*] C'est à l'équateur que la quantité moyenne annuelle de pluie est la plus considérable : de ce point elle diminue par degrés vers les pôles; ainsi

(1) A Grenade aux Antilles. Latitude nord, elle est de	12°	3200 millim.
(1) Au Cap-Français, St.-Domingue	19°.46'...	de 3047
(2) A Calcutta...........	22.23 ...	2057
(3) A Rome.............	41.54 ...	990
(4) En Angleterre........	53	812
(5) A Pétersbourg........	59.16 ...	406

C'est à l'équateur au contraire que le nombre

(1) Cotte, Jour. de phys. Oct. 1791, p. 264.
(2) *Asiatic Researches.* I. et II. Appendix.
(3) Cotte, Jour. de phys. Oct. 1791, p. 264.
(4) Phil. Trans.
(5) Edim. Trans. II. 264.

des jours de pluie est le plus petit, et il augmente à mesure qu'on s'en éloigne. Ainsi ce nombre moyen de jours pluvieux est dans la latitude de 12° à 43° nord de 78; il est de 103 à la latitude nord du 43ème. au 46ème. degré; de 134 à la latitude nord; de 46° à 50°; et de 161, à la latitude de 51° à 60°.

Le nombre des jours de pluie est souvent plus grand dans l'hiver que dans l'été; mais la quantité de pluie est plus considérable en été qu'en hiver (1). A Pétersbourg, le nombre des jours de pluie ou de neige pendant l'hiver est de 84, et la quantité tombée n'est que d'environ 127 millimètres; durant l'été le nombre des jours pluvieux est à-peu-près le même, mais la quantité de pluie tombée est d'environ 280 millimètres (2).

Il tombe plus de pluie dans les pays montagneux que dans les plaines. On dit que dans les Andes il pleut continuellement, tandis qu'en Egypte il ne pleut presque jamais. Si l'on place un appareil à jauger la pluie à la surface de la terre, et un autre à quelque hauteur perpendiculaire au-dessus; on recueillera plus d'eau de pluie dans celui inférieur

(1) Cotte, Jour. de phys. Oct. 1791, p. 264.

(2) Edim. Trans. II. 244.

que dans celui plus élevé ; il en résulte donc que la pluie augmente en quantité à mesure qu'elle descend, ce qui provient peut-être de ce que les gouttes d'eau dans leur passage à travers les couches inférieures de l'atmosphère, se saisissent de la vapeur qui réside là en plus grande quantité; ce résultat n'est cependant pas toujours le même, ainsi que le reconnut M. Copland de Dunfries, dans le cours de ses expériences (1). Il observa également que, lorsque c'étoit la jauge inférieure qui contenoit la quantité la plus considérable de pluie, elle continuoit ordinairement pendant quelque tems, et qu'on n'obtenoit cette quantité plus grande dans la jauge supérieure, ou qu'à la fin des grandes pluies, ou que pendant des pluies qui ne devaient pas durer longtems. Ces observations importantes pourroient, si on y donnoit suite, nous amener à quelque connoissance nouvelle sur les causes de la pluie. Elles semblent annoncer que, pendant la pluie l'atmosphère est mise, par quelque cause que ce soit, dans un état qui la porte à abandonner son humidité; et que la pluie continue aussi longtems que l'atmosphère est maintenue dans cet état. S'il étoit fait à ce sujet

(1) Manchester Trans. IV. 619.

un nombre suffisant d'observations dans différens lieux, et qu'on analysât avec soin l'atmosphère dans les tems secs, pendant la pluie, et immédiatement après qu'elle a cessé de tomber, nous parviendrions bientôt peut-être à trouver la véritable théorie de la pluie.

Il pleut dans toutes les saisons de l'année, à toutes les heures du jour, et la nuit comme le jour, quoique, suivant Toaldo, la pluie tombe en plus grande quantité pendant le jour que pendant la nuit ; ainsi, la cause de la pluie, quelle qu'elle soit, doit être quelque chose qui agit dans tous les tems et dans toutes les saisons. Il pleut aussi par tous les vents, mais le plus souvent lorsque c'est celui du midi qui soufle. Il arrive fréquemment encore qu'il tombe de la pluie dans les tems les plus parfaitement calmes.

Il résulte d'un mémoire publié par M. Cotte dans le *Journal de Physique*, pour octobre 1791, sur la quantité moyenne annuelle de pluie tombée dans 147 lieux différens, situés entre les 11e. et 60e. degrés de latitude nord, que cette quantité moyenne générale pour tous ces endroits divers, déduite de tables formées dans chacun d'eux, est d'environ 881 millimètres. On peut évaluer, sans s'éloigner beaucoup de la proportion véritable, à 863 millim.

celle de la quantité moyenne annuelle de pluie tombée sur tout le globe ; or, la surface du globe consiste dans 441, 858, 634 kilomètres carrés, ou 441, 858, 634, 000, 000, 000, 000, millimètres carrés : donc la quantité de pluie qui y tombe annuellement sera de 382,207,718, 410,000,000,000,000 millimètres cubes, ou de plus de 381 myriamètres cubes d'eau.

La partie sèche du globe s'élève à environ 1363072 myriamètres carrés ; la quantité de pluie qui y tombe annuellement sera donc d'environ 129 myriamètres cubes. La quantité d'eau qui coule annuellement dans la mer est d'environ 55 myriamètres cubes, et il faut qu'elle soit fournie par une quantité d'eau égale provenant de la mer par évaporation, autrement la terre seroit bientôt complètement égoutée, et se trouveroit promptement dépouillée de toute son humidité.

On a présenté dans la table qui suit la quantité d'eau de pluie qui tombe annuellement en Angleterre.

ANNÉES d'observation.	LIEUX.	PLUIE en millimètres.
3	Douvres (1).................	952
5	Ware, comté d'Herfort (1)....	600
8	Londres (2)..................	445
8	Kimbotten (3)...............	608
45	Lyndon (4)..................	565
5	Chatsworth, comté de Derby (1).	709
8	Manchester (1)..............	1097
18	Liverpool (1)...............	876
7	Lancastre (1)...............	1025
5	Kendal (1)..................	1558
14	Dunfries (1)................	919
10	Branxholm (5)...............	795
5	Langholm (5)................	935
5	Dalkeith (5)................	639
20	Glasgow (6).................	789
8	Hawkhill (7)................	737
	Terme moyen.......	818

(1) Manchester Trans. IV.
(2) Phil. Trans. *Tables of observations.*
(3) *Ibid.* vol. LXXIX, p. 1.
(4) Barker, *ibid.*
(5) Edim. Trans. I. 208.
(6) *Statist. account of Scotland.* V. 245.
(7) Edim. Trans. I. 533.

Digitized by Google

M. Dalton, dans un travail très-ingénieux sur ce sujet, évalue pour l'Angleterre la quantité de pluie à environ 787 millimètres (1), mais comme il n'a point été tenu note d'observations faites dans le pays de Galles, ou dans les contrées montagneuses d'Ecosse, dans lesquels il pleut beaucoup, on ne peut douter que cette proportion de pluie pour l'Angleterre ne soit trop foible.

En Angleterre, il pleut généralement moins en mars qu'en novembre, dans un rapport de 7 à 12, moins en avril qu'en octobre, dans la proportion à-peu-près moyenne d'un à deux, et moins en mars qu'en septembre, dans des limites de variations qui s'étendent au moins de 4 à 3; mais quand il pleut abondamment en mai (comme de 46 millimètres ou plus) il ne tombe généralement que peu de pluie en septembre, et lorsqu'il n'en tombe qu'environ 25 millimètres ou moins en mai, le mois de septembre est très-pluvieux (2).

(1) Manchester Mém. V. 349.
(2) Kirwan, Irish. Trans. V. 21.

SECTION IV.

Des vents.

Il n'est aucun des phénomènes de météorologie qui ait excité davantage l'attention des observateurs que celui des *vents* ou de ces courans qui troublent si fréquemment la tranquillité de l'atmosphère. Ce sujet n'est pas seulement un objet de curiosité, mais il mérite encore d'être considéré sous le rapport de sa haute importance. C'est en effet sur la force et la direction des vents que repose en grande partie l'art de la navigation; ils influent très-sensiblement sur la température du climat, et ils sont absolument nécessaires au maintien de l'état de salubrité de l'atmosphère. La connoissance des lois qui règlent leur action et le moyen de pouvoir en calculer à l'avance les effets, ont donc dû être pour les philosophes de tous les tems un des objets les plus intéressans de recherches; mais soit qu'on n'ait pas adopté pour l'étude de ce phénomène la méthode convenable, soit que le sujet dépasse les bornes de l'intelligence humaine, il reste encore beaucoup de choses à expliquer sur ce météore,

et quelque satisfaisantes que soient les découvertes qui ont déja été faites à cet égard, et celles également importantes qu'on a lieu d'attendre du génie et des efforts des savans nombreux qui se livrent à ce genre d'étude, on n'a pu cependant parvenir jusqu'à présent à établir une théorie raisonnable des vents. Je vais essayer de présenter dans cette section, et dans le détail le plus complet possible, l'histoire naturelle de ce météore dans les différentes parties du monde, et de considérer alors jusqu'à quel point on peut en donner l'explication.

[1. *Vents dans la zône torride.*] Comme les vents sont beaucoup plus réguliers entre les tropiques que dans les régions tempérées, ce sont de ceux qui règnent dans la zône torride que nous allons nous occuper d'abord.

[*Vent alisé.*] Dans celles des parties des mers atlantique et pacifique qui avoisinent le plus l'équateur, il règne constamment pendant toute l'année un vent régulier auquel on donne le nom de *vent alisé*. Sur le côté nord de l'équateur, il soufle du nord-est avec variations fréquentes d'un point ou de deux vers le nord ou l'est; et sur le côté sud de l'équateur, il soufle du sud en changeant par fois de la même manière vers le sud ou l'est. L'espace compris entre le second et le cinquième degrés de latitude nord est

la limite intérieure de ces deux vents. Là les alisés ne souflent ni du nord ni du sud; les calmes y sont fréquens, et ils sont accompagnés d'orages violens. Cette limite varie un peu en étendue suivant que le soleil se rapproche de l'un ou l'autre des tropiques. Dans l'océan atlantique, les vents alisés s'étendent plus loin au nord sur la côte d'Amérique que sur celle d'Afrique; et à mesure qu'on avance davantage vers l'ouest, ils deviennent de plus en plus est et décroissent en force (1). Leur force diminue également à mesure qu'on s'approche de leurs limites extrêmes. On a remarqué aussi que les vents de sud-est tournent graduellement plus au sud, et ceux nord-est plus à l'est, à mesure que le soleil se rapproche du tropique du cancer, et que l'effet contraire a lieu exactement en raison de ce que cet astre avance davantage vers le tropique du capricorne (2).

[*Moussons.*] Le vent alisé soufle constamment dans l'océan indien entre le 10ème. et le 30ème. degré de latitude méridionale; mais au nord de cet espace, les vents changent tous les six mois, et souflent dans une direction absolument opposée à leur première route; on appelle ces

(1) Dr. Halley, Phil. Trans. abr. vol. II. p. 134.
(2) *Ibid.*

vents réguliers *moussons*, du mot malais *moossin*, qui signifie saison (1). Lorsque la direction de ces vents change, ils sont remplacés par des vents variables accompagnés d'orages qui durent souvent pendant un mois et plus. Pendant tout ce tems, il est dangereux pour les vaisseaux de tenir la mer.

On peut réduire les moussons dans l'océan indien à deux; une de chacun des côtés nord et sud de l'équateur; elles s'étendent de l'Afrique à la longitude de la Nouvelle-Hollande et à la côte orientale de la Chine; elles éprouvent dans quelques lieux particuliers de cet espace, des changemens partiels, par l'effet de la situation et de l'inflexion des contrées environnantes.

1. Entre le 3e. et le 10e. degré de latitude méridionale, le vent alisé sud-est règne depuis avril jusqu'en octobre; mais pendant le reste de l'année le vent soufle du nord-ouest (2). Entre Sumatra et la Nouvelle-Hollande, la mousson vient du sud pendant nos mois d'été, tournant par degrés au sud-est, à mesure qu'on se rapproche de la côte de la Nouvelle-Hollande; elle change vers la fin de septembre, et continue alors dans la direction opposée jusqu'en avril (3).

(1) Forest's *Voyage*, p. 95.
(2) Dr. Halley, Phil. Trans. abr. vol. II. 136.
(3) *Id. ibid.*

Entre l'Afrique et Madagascar, la côte influe sur la direction de la mousson ; car d'octobre en avril elle soufle du nord-est, et pendant les autres mois de l'année du sud-ouest (1).

2. Sur tout l'océan indien, au nord du 3e. degré de latitude méridionale, le vent alisé soufle nord-est d'octobre en avril, et sud-ouest d'avril en octobre (2). De Bornéo, le long de la côte de Malacca jusqu'à la Chine, cette mousson règne à-peu-près sud pendant l'été, et vient du nord par est, en hiver (3). Près la côte d'Afrique, entre Mozambique et le Cap Guardafui, il règne pendant toute l'année des vents irréguliers, ce qui provient des différentes moussons qui souflent autour de cet espace particulier. Il y a également des moussons régulières dans la Mer Rouge. Entre avril et octobre, les vents y souflent du nord-ouest, et pendant le reste de l'année du sud-est, en se maintenant constamment dans une direction parallèle à la côte d'Arabie (4).

Les moussons ne se bornent pas entièrement à l'océan indien ; sur la côte du Brésil, entre

(1) Bruce's *Travels*. I. 459.
(2) Dr. Halley, Phil. Trans. abr. II. 156.
(3) *Id. ibid.*
(4) Bruce's *Travels*. I. chap. 4.

le Cap St.-Augustin et l'île de Ste.-Catherine, le vent soufle entre septembre et avril de l'est ou nord-est, et entre avril et septembre du sud-ouest (1). La baie de Panama est le seul lieu du côté ouest d'un grand continent où le vent change régulièrement en différentes saisons. Il y est est entre septembre et mars, mais de mars en septembre il soufle principalement du sud et du sud-ouest.

Telle est, en général, la direction des vents dans la zône torride sur toute l'étendue des mers atlantique, pacifique et de l'océan indien; mais il y a à cet égard des exceptions particulières dont il convient de faire mention. Sur la côte d'Afrique, du Cap Bayador au Cap Vert, les vents sont généralement nord-ouest; de là à l'île de Saint-Thomas près l'équateur, ils souflent presque perpendiculairement au rivage en prenant par degrés de l'inclinaison, d'abord à l'ouest, puis au sud-ouest à mesure qu'on avance vers le sud (2).

Sur les côtes de la Nouvelle-Espagne, de la Californie à la baie de Panama, les vents souflent également et presque constamment de

(1) Sir Walter Raleigh's *Voyage*. Forest's *Voyage*, p. 97.

(2) Dr. Halley, Phil. Trans. abr. II, 136.

Google

l'ouest ou du sud-ouest, excepté dans les mois de mai, juin et juillet, pendant lesquels les vents de terre, appelés par les Espagnols *popogayos* prédominnent. Sur la côte du Chili et du Pérou (1), du 20e. au 30e. degré de latitude méridionale à l'équateur, et sur la côte parallèle d'Afrique, le vent est sud pendant toute l'année, en variant suivant la direction de la terre vers laquelle il incline, et en s'étendant beaucoup plus loin au-delà de la mer sur la côte d'Amérique que sur celle d'Afrique. Les vents alisés sont aussi interrompus quelquefois par des vents d'ouest dans la baie de Campêche et dans celle de Honduras.

Quant aux contrées situées entre les tropiques, elles sont encore trop peu connues pour qu'il soit possible d'établir d'une manière satisfaisante l'histoire de leurs vents.

[*Brises de mer et de terre.*] Dans toutes les contrées maritimes entre les tropiques, de quelqu'étendue qu'elles soient, le vent soufle chaque jour *de* la mer, pendant un certain nombre d'heures, et chaque jour aussi pendant un certain nombre d'heures, il soufle de la terre *vers* la mer. On appelle ces vents *brises de*

(1) Sir Walter's Raleigh's *Voyage*. D^{r}. Garden, Phil. Trans. abr. II. p. 132.

terre et brises de mer. La brise de mer règne généralement depuis dix heures du matin jusqu'à six heures du soir; à sept heures la brise de terre commence et continue jusqu'à huit heures du matin (1). Pendant l'été, la brise de mer est très-sensible sur toutes les côtes de la Méditerranée (2).

[*Vents de Saint-Louis.*] Dans l'île de Saint-Louis, sur la côte d'Afrique, au 16e. degré de latitude nord, et au 16e. degré de longitude occidentale, le vent se tient généralement entre le sud et l'est pendant la saison pluvieuse qui dure de la mi-juillet à la mi-octobre; il est pendant le reste de l'année, pour la plupart du tems, est ou nord-est le matin, mais au lever du soleil il tourne par degrés au nord jusqu'à près de midi qu'il passe au nord-ouest. C'est alors la *brise de mer.* Quelquefois il change à l'est à mesure que le soleil s'abaisse, et il s'y maintient toute la nuit. En février, mars, avril, mai et juin, il soufle presque constamment entre le nord et l'ouest (3). Dans l'île de Balama, située également sur la côte occidentale de l'Afrique au 11e. degré de latitude nord, le vent se tient

(1) Marsden's *Histoire de Sumatra*, p. 17. Buffon's *Nat. hist.* I. 585.

(2) Volney's *Travels.*

(3) Dr. Schotte, Phil. Trans. LXX, art. 25.

pendant neuf mois de l'année au sud-ouest; mais il y règne en novembre et en décembre un vent très-froid de nord-est (1).

Dans le royaume de Bornou, situé entre le 16e. et le 20e. degré de latitude nord, la saison chaude est amenée vers le milieu d'avril par des vents brûlans du sud-est qu'accompagne un déluge de pluie (2). Dans le Fezzan, au 25e. degré environ de latitude nord et au 35e. degré de longitude est, il règne de mai en août un vent très-chaud d'est, sud-est ou sud-ouest (3).

Dans l'Abyssinie, les vents souflent généralement de l'ouest, du nord-ouest, du nord et du nord-est. Ce sont presque continuellement ceux du nord et du nord-est pendant les mois de juin, juillet, août, septembre et octobre, spécialement le matin et le soir, et pendant le reste de l'année ces vents y sont beaucoup plus fréquens qu'aucun autre (4).

A Calcutta, dans la province du Bengale, le vent soufle sud-ouest et sud en janvier et février; il est sud en mars, avril et mai. En juin, juillet,

(1) P. Beaver Esq. map. *in.* Wadstrom's *Essays on colonization.*

(2) *African association*, p. 200.

(3) *Ibid.*

(4) Bruce's *Travels*. IV. 651.

août et septembre, il vient du sud et du sud-ouest; et du nord-ouest en octobre, novembre et décembre (1). A Madras les vents les plus fréquens sont ceux du nord et du nord-est. A Tivoli à Saint-Domingue, et aux Iles à Vaches, les vents sont le plus souvent sud et sud-est (2).

Il résulte de ces faits que dans la plupart des contrées tropiques qui nous sont connues, le vent vient généralement *de* l'océan le plus près, excepté pendant les mois les plus froids où il soufle *vers* cet océan.

Dans les zônes tempérées, la direction des vents n'est pas aussi régulière qu'entre les tropiques. Il arrive souvent qu'au même degré de latitude ils soufflent tout à la fois dans des sens différens, et leur changement a fréquemment lieu d'une manière si soudaine et si inattendue, qu'il n'a pas été jusqu'à présent possible d'en rendre raison. Lorsque les vents sont violens et qu'ils continuent pendant longtems, il s'étendent généralement sur une plus grande partie de pays ; et cet effet a plus sûrement lieu lorsqu'ils soufflent du nord ou de l'est que de tout autre point quelconque (3).

---

(1) *Asiatic researches.* I et II. Append.

(2) P. Cotte, Jour. de phys. 1791.

(3) Derham's *Physico-Theology*, ch. 2.

Digitized by Google

A force de multiplier et de comparer les tables météorologiques, on pourra parvenir avec le tems à trouver quelque rapport entre les changemens de l'atmosphère dans des lieux différens, et on en pourra à la fin déduire une théorie satisfaisante des vents. C'est principalement dans des tables météorologiques que les faits suivans ont été recueillis.

En Virginie, les vents qui prédominent sont ceux entre le sud-ouest, l'ouest, le nord et le nord-ouest; le plus fréquent de ces vents est celui de sud-ouest, qui règne plus constamment dans les mois de juin, juillet et août, que dans toute autre saison. Ce sont les vents de nord-ouest qui soufflent le plus ordinairement en novembre, décembre, janvier et février (1). A Ipswich, dans la Nouvelle-Angleterre, les vents dominans sont aussi ceux entre le sud-ouest, l'ouest, le nord et le nord-est; le plus fréquent de tous est le nord-ouest (2); mais à Cambridge, dans la même province, le vent le plus ordinaire est le sud-est (3). Les vents dominans à New-Yorck sont le nord et l'ouest (4), et dans la

(1) Jefferson's *Virginia*, p. 123. Trans. Phil. II. art. 10.
(2) Trans. Amer. acad. I. 336.
(3) Cotte, Jour. de phys. 1791.
(4) *Ibid.*

Nouvelle-Ecosse, ce sont des vents de nord-ouest qui souflent pendant neuf mois de l'année (1). C'est aussi le vent de nord-ouest qui règne le plus fréquemment à Mont-Réal en Canada ; mais à Québec, le vent suit généralement la direction du fleuve Saint-Laurent, en souflant du nord-est au sud-ouest (2). A la baie d'Hudson, les vents sont ouest pendant neuf mois de l'année ; le vent de nord-ouest y occasionne le plus grand froid, mais ceux de nord et de nord-est y amènent la neige (3).

Il résulte de ces observations que les vents d'ouest sont ceux qui règnent le plus fréquemment sur toute la côte de l'est de l'Amérique septentrionale ; que dans les provinces du sud, ce sont les vents de sud-ouest qui dominent ; et que celui de nord-ouest devient par degrés plus fréquent à mesure que l'on s'approche de la zône froide.

En Egypte, pendant une partie du mois de mai, et dans ceux de juin, juillet, août et septembre, il règne presque constamment un vent de nord variant quelquefois en juin à l'ouest, et en juillet de l'ouest à l'est. Pendant une partie

(1) *Present state of Nova Scotia and Canada*, p. 38.

(2) Cotte, Jour. de phys. 1791.

(3) Pennant's *Supl. to art. zool.* p. 41.

de septembre et dans les mois d'octobre et de novembre, les vents sont variables, quoique souflant plus régulièrement de l'est. En décembre, janvier et février, ils sont nord nord-ouest et ouest; vers la fin de février, ils tournent au sud et s'y maintiennent à-peu-près jusqu'à la fin de mars; en avril ils deviennent sud-est, sud, sud-ouest, et à la fin est; ils continuent de soufler dans cette direction pendant une partie du mois de mai (1).

Dans la Méditerranée, le vent est nord pendant près de neuf mois de l'année. Aux approches des équinoxes, il règne toujours sur cette mer un vent d'est qui y est généralement plus constant dans le printems que dans l'automne (2). Ces observations ne sont point applicables au détroit de Gibraltar, où il existe à peine d'autres vents que ceux est et ouest. A Bastia, dans l'île de Corse, le vent dominant est celui sud-ouest (3).

En Syrie, le vent de nord soufle depuis l'équinoxe d'automne jusqu'en novembre. Pendant les mois de décembre, janvier et février, les vents sont ouest et sud-ouest; en mars ils changent

(1) Volney's *Travels*. I. 58.

(2) *Ibid*. I. 59 et 65.

(3) Cotte, Jour. de phys. 1791.

au sud; en mai ils viennent de l'est, et en juin du nord. De ce mois à l'époque de l'équinoxe d'automne, le vent tourne par degrés à mesure que le soleil s'approche de l'équateur, d'abord à l'est, ensuite au sud, et à la fin à l'ouest (1). A Bagdad, les vents les plus fréquens sont ceux du sud-ouest et du nord-ouest. A Pékin ce sont ceux du nord et du sud (2). Au Kamtschatka sur la côte nord-est d'Asie, les vents dominans soufflent de l'ouest (3).

En Italie, les vents dominans diffèrent considérablement suivant la situation des lieux où les observations ont été faites; à Rome et à Padoue ils sont nord : ils sont est à Milan (4).

Tout ce qu'on a pu savoir à cet égard, relativement à l'Espagne et au Portugal, c'est que sur la côte occidentale de ces pays le vent qui y règne le plus ordinairement, spécialement dans l'été, est celui d'ouest ; à Madrid, c'est pendant la plus grande partie de l'été le vent de nord-est souflant presque constamment des Pyrénées (5).

---

(1) Volney's *Travels*. I. 326.
(2) Cotte, Jour. de phys. 1791.
(3) Pennant's *Arctic. zool.* p. 115.
(4) Cotte, Jour. de phys. 1791.
(5) *Ibid.*

A Berne, en Suisse, les vents dominans sont ceux du nord et de l'ouest; au St. Gothard, c'est le nord-est; à Lausanne, ce sont ceux nord-ouest et sud-ouest (1).

On voit par le résultat que nous a donné le père Cotte de ses observations faites en France dans 86 lieux différens (2), que tout le long de la côte méridionale de cet empire le vent soufle le plus fréquemment du nord, du nord-ouest et du nord-est. Sur la côte occidentale il vient le plus généralement de l'ouest, du sud-ouest et du nord-ouest; et sur la côte septentrionale il soufle le plus ordinairement du sud-ouest. Quant aux vents qui règnent le plus souvent dans l'intérieur du pays, ce sont dans 18 lieux, le sud-ouest; dans 14, l'ouest; dans 13 le nord; dans 6 le sud; dans 4 le nord-est; dans 2 le sud-est; et dans un, chacun des vents est et nord-ouest.

Sur la côte occidentale des Pays-Bas, aussi loin vers le nord que Rotterdam, les vents dominans sont probablement ceux de sud-ouest, au moins en est-il ainsi à Dunkerque et à Rotterdam (3). Il est probable aussi que le

(1) Bohun's *Hist. of Winds*, p. 116.
(2) Cotte, Jour. de phys. 1791.
(3) *Ibid.*

long du reste de cette côte, de La Haye à Hambourg, les vents qui règnent le plus fréquemment, sont ceux du nord-ouest, au moins ces vents souflent le plus généralement à La Haye et à Franeker (1). A Delft, c'est le vent du sud-est qui domine, et à Breda ceux de nord et d'est.

En Allemagne c'est le vent d'est qui règne le plus fréquemment à Gottingue, Munich, Weissembourg, Dusseldorf, Saganum, Erfurt, et à Bude en Hongrie; à Prague et à Wirtzbourg, c'est le vent de sud-est qui domine. C'est celui de nord-est à Ratisbonne, et celui d'ouest à Manheim et à Berlin (2).

Il résulte d'une supputation de dix années, établie d'après le registre d'observations tenu par ordre de la Société Royale, que les vents souflent à Londres dans l'ordre suivant, savoir :

Vents.	Jours.	Vents.	Jours.
Sud-Ouest......	112	Sud-Est........	32
Nord-Est.......	58	Est............	26
Nord-Ouest.....	50	Sud............	18
Ouest..........	53	Nord...........	16

On voit aussi par le même registre que

(1) Cotte, Jour. de phys. 1791.

(2) *Ibid.*

(3) *Ibid.*

le vent de sud-ouest règne beaucoup plus fréquemment que tout autre pendant chaque mois de l'année, et que c'est en juillet et en août qu'il se maintient le plus longtems dans cette direction. C'est le vent de nord-est qui soufle le plus constamment dans les mois de janvier, mars, avril, mai et juin, et le plus rarement dans les mois de février, juillet, septembre et décembre. Que c'est de novembre en mars que le vent vient le plus souvent du nord-ouest, et qu'il soufle beaucoup moins fréquemment dans cette direction en septembre et octobre que dans tout autre mois. Les vents de sud-ouest sont aussi ceux qui ont le plus souvent lieu à Bristol et, après eux, ce sont les vents de nord-est (1).

On a extrait d'un registre tenu pendant sept ans à Lancastre l'état qui suit des vents qui y règnent (2).

Vents.	Jours.	Vents.	Jours.
Sud-Ouest........	92	Sud-Est........	35
Nord-Est........	67	Nord...........	30
Sud...........	51	Nord-Ouest.....	26
Ouest..........	47	Est............	17

On a formé les deux tables ci-après des

(1) Phil. Trans. LXVI.

(2) Manchester Trans. IV. 234.

relevés d'observations faites pendant neuf ans à Dunfries, par M. Copland (1), et pendant sept années à Cambuslang près Glasgow (2), par le docteur Meek, savoir :

A Dunfries.

Vents.	Jours.	Vents.	Jours.
Sud.........	82.5	Nord.........	36.5
Ouest........	69	Nord-Ouest....	25.5
Est.........	68	Sud-Est.......	18.5
Sud-Ouest....	50.5	Nord-Est......	14.5

A Cambuslang.

Sud-Ouest....	174	Nord-Est......	104
Nord-Ouest ..	40	Sud-Est.......	47

Il paroît, d'après le registre dont cette dernière table a été extraite, que le vent de nord-est soufle en avril, mai et juin beaucoup plus fréquemment qu'à toute autre époque de l'année, et qu'il en est de même du vent de sud-ouest pour les mois de juillet, août et septembre. Le vent de sud-ouest est de beaucoup le plus fréquent dans toute l'Écosse et

(1) Manchester Trans. IV. 234.
(2) *Statistical account Scotland.* V. 245.

spécialement sur la côte de l'ouest. A Saltcoats, dans l'Airshire, par exemple, il règne pendant neuf mois de l'année, et pendant huit mois tout le long de la côte de Murray, sur le côté du nord-est de l'Écosse. Les vents d'est soufflent ordinairement dans toute l'Angleterre en avril et mai; mais leur influence se fait le plus vivement sentir sur la côte de l'est.

On a formé la table qui suit du nombre de jours dans l'année pendant lesquels il règne des vents d'ouest et d'est dans différentes parties de l'île. Par le terme *ouest*, on entend désigner les vents nord-ouest, ouest, sud-ouest et sud; et de même par l'expression *est*, ceux nord-est, sud-est et est.

ANNÉES d'observations.	LIEUX.	VENTS.	
		Ouest.	Est.
10	Londres.........	233.	132.
7	Lancastre.......	216.	149.
51	Liverpool (1)....	190.	175.
9	Dunfries........	227.5	137.5
10	Branxholm, au sud-ouest de Berwick (2).............	232.	133.
7	Cambuslang.....	214.	151.
8	Hawkhill, près Edimbourg (3)..	229.5	135.5
	Terme moyen....	220.3	144.7

En Irlande les vents sud-ouest et ouest sont les grands alisés soufflant le plus souvent dans l'été, l'automne et l'hiver, et le moins fréquemment dans le printems. Le vent de nord-

(1) Manchester Trans. IV.

(2) Edimb. Trans. I. 209.

(3) *Ibid.*

est règne plus ordinairement dans le printems, et à-peu-près deux fois plus que dans l'automne, et dans l'hiver. Après les vents de sud-ouest et d'ouest ce sont ceux de sud-est et de nord-ouest qui y sont les plus ordinaires, et à-peu-près également (1).

A Copenhague les vents dominans sont ceux de l'est et du sud-est. A Stockholm ce sont ceux d'ouest et de nord (2). En Russie, d'après le relevé d'un registre de 16 ans d'observations, les vents souflent de novembre en avril dans l'ordre qui suit, savoir :

	O.	N. O.	E.	S. O.	S.	N. E.	N.	S. E.
Jours.	45.	26.	23.	22.	20.	19.	14.	12.

et pendant les autres six mois,

	O.	N. O.	E.	S. O.	S.	N. E.	N.	S. E.
Jours.	27.	27.	19.	24.	22.	15.	32.	18.

Le vent d'ouest règne pendant 72 jours de l'année; celui de nord-ouest pendant 53, et chacun de ceux de sud-ouest et nord pendant 46. Il y a dans l'été 41 jours de calme, et 21

(1) Rutty's *Hist. of the Weather, etc. in Dublin.*

(2) Cotte, Jour. de phys. 1791.

en hiver (1). Dans la Norwège les vents les plus fréquens sont ceux du sud, du sud-ouest et du sud-est. A Bergen il est rare que le vent soit directement ouest; mais il soufle généralement sud-ouest ou sud-est. Le vent de nord-ouest et spécialement celui de nord-est, n'y sont que très-peu connus (2).

On peut conclure de toutes ces observations que les vents les plus fréquens sur les côtes méridionales d'Europe sont ceux nord, nord-est et nord-ouest; que c'est celui de sud-ouest qui règne le plus souvent sur les côtes occidentales; que dans les parties intérieures qui avoisinent le plus l'océan atlantique, les vents de sud-ouest sont ceux qui souflent aussi le plus ordinairement, mais qu'en Allemagne les vents dominans sont ceux d'est; les vents d'ouest sont aussi les plus fréquens sur la côte nord-est d'Asie.

Il est probable que les vents sont plus constans dans la zône tempérée méridionale, qui est en grande partie couverte d'eau, que dans la zône tempérée septentrionale où leur direction doit être fréquemment interrompue et

(1) Guthrie, *on the Climate of Russia.* Edimb. Trans. II.

(2) Pontopiddan's *Nat. Hist. of Norway*, part. 1.

altérée par les montagnes et par d'autres causes.

M. de la Caille, envoyé par le gouvernement français au Cap de bonne Espérance pour y faire des observations astronomiques, nous apprend que les vents qui y règnent le plus habituellement sont ceux de sud-est et de nord-ouest ; qu'il y soufle à peine pendant quelques heures d'autres vents, et qu'on n'y éprouve que très-rarement ceux d'est et de nord-est. Le vent de sud-est s'y maintient dans la plupart des mois de l'année et principalement d'octobre en avril ; pendant les six autres mois le vent qui domine est celui de nord-ouest accompagné de pluie, de tempêtes et d'ouragans. Entre le Cap de bonne Espérance et la Nouvelle-Hollande, les vents viennent habituellement de l'ouest et souflent dans l'ordre suivant, savoir : nord-ouest, sud-ouest, ouest, nord (1).

Dans la grande mer du sud, entre les 30ème. et 40ème. degrés de latitude méridionale, c'est le vent alisé sud-est qui soufle le plus ordinairement et spécialement lorsque le soleil approche du tropique du capricorne ; il est

---

(1) *Meteorological tables at the end of* Philip's *and* White's *Voyages.*

immédiatement suivi, et assez fréquemment, par celui de nord-ouest auquel succède le sud-ouest. Du 40ème au 50ème degré de latitude méridionale le vent dominant est le nord-ouest et, après lui, le sud-ouest. A la latitude méridionale de 50 à 60°, le vent le plus fréquent est aussi le nord-ouest et, après lui, celui d'ouest (1).

Ainsi il paroît que les vents alisés étendent quelquefois plus loin qu'à l'ordinaire leur influence dans la zône tempérée méridionale, particulièrement dans l'été; qu'au-delà de ces limites les vents sont communément ouest, souflant dans l'ordre suivant; savoir : nord-ouest, sud-ouest, ouest.

Tel est l'état actuel de l'histoire de la direction des vents. Dans la zône torride, ils souflent constamment du nord-est sur le côté nord de l'équateur, et du sud-est sur son côté sud. Dans la zône tempérée septentrionale, ces vents viennent le plus souvent du sud-ouest; dans la zône tempérée méridionale, ils souflent du nord-ouest, en variant néanmoins fréquemment à tous les points du compas, et en souflant, particulièrement pendant le printems, du nord-est dans la zône tempérée septentrionale.

---

(1) Wales's *Meteor. tables.*

[*Vîtesse des vents.*] La vîtesse du vent varie presque à l'infini, depuis la brise légère jusqu'à l'ouragan qui casse et déracine les arbres et renverse les édifices. On a observé que ce n'est ni dans la plus grande chaleur, ni dans le froid le plus rigoureux que nos vents les plus violens ont lieu. On a remarqué en outre que les vents impétueux s'étendent en général sur un grand espace de pays, et qu'ils sont accompagnés d'un abaissement subit et considérable du mercure dans le baromètre. Il vente quelquefois très-fort à une certaine distance de la terre, tandis qu'il règne un calme parfait à sa surface. Dans une de ses ascensions en ballon, Lunardi parcourut plus de onze myriamètres par heure, et il continua ainsi pendant tout son voyage, quoiqu'il ne fit pas le moindre vent à Edimbourg, lorsqu'il y fit son ascension. On se formera, d'après la table qui suit, de Smeaton, une idée assez exacte de la vîtesse du vent dans différentes circonstances (1).

(1) Phil. Trans. 1759, p. 165.

Mètres par heure.	Millimètres par seconde.	Force perpendiculaire sur environ 9 décimètres carrés, exprimée en grammes.	
Mètres			
1607	448	2.265	A peine sensible.
3214	893	9.060	
4821	1342	19.932	Sensible seulement.
6428	1790	35.807	Doux, agréable.
8035	2236	65.719	
16070	4474	222.876	Agréable, vif.
24105	6710	501.471	
32140	8949	891.504	Très-vif.
40175	11184	1392.975	
48210	13423	2006.337	Vent élevé.
56245	15659	2730.231	
64280	17897	3566.469	Vent très-élevé.
72315	20133	4513.239	
80350	22372	5571.900	Orage ou tempête.
96420	26846	8024.895	Grande tempête.
128560	35845	14264.970	Ouragan.
160700	44763	22287.600	Ouragan qui renverse les édifices et déracine les arbres.

[*Explication de la cause des vents.*] Considérons actuellement quelle peut être la cause de ces nombreux courans dans l'atmosphère.

On ne peut révoquer en doute que la surface de la terre sous la zône torride, ne soit beaucoup plus échauffée par les rayons du soleil qui y tombent plus verticalement, qu'elle ne l'est sous les zônes froides ou tempérées. Cette chaleur se communique à l'air qui repose sur cette surface de la zône torride, il s'élève et dans ce mouvement d'ascension verticale, il est remplacé par l'air plus froid qui y afflue du nord et du sud.

Maintenant, c'est à l'équateur que le mouvement diurne de la terre est le plus grand; de là il diminue progressivement vers les pôles où il cesse entièrement. La vitesse de mouvement de chaque lieu de la surface de la terre à l'équateur, est de 2.4105 myriamètres par minute; au 40ème. degré de latitude, cette même vitesse est d'environ 1.8480 myriamètres par minute, et à-peu-près de 2.0891 au 50ème. degré. L'atmosphère en tournant continuellement avec la terre a acquis le même degré de mouvement, et par conséquent ce mouvement doit être beaucoup plus accéléré dans la portion de l'atmosphère située au-dessus de l'équateur

que dans celles qui en sont à distance. Une portion de l'atmosphère qui seroit transportée dans un instant du 30ème. degré de latitude à l'équateur n'y acquerroit pas immédiatement la vîtesse de mouvement qu'a l'atmosphère à l'équateur ; elle seroit donc heurtée par les éminences de la terre et elle prendroit l'apparence d'un vent d'est. C'est ce qui a lieu, dans un moindre degré, relativement à l'air qui afflue vers l'équateur pour remplacer celui raréfié qui y est dans un état d'ascension continuelle ; et c'est cet effet combiné avec celui du mouvement constant de nord et sud de l'atmosphère, qui modifie en vent de nord-est le courant d'air sur le côté nord de l'équateur, et en vent de sud-est celui sur le côté sud (1).

Le mouvement vers l'ouest, occasionné par cette différence dans la vîtesse seroit seul à peine sensible ; mais il est considérablement augmenté par une autre circonstance. Puisque la raréfaction de l'air dans la zône torride est due à la chaleur de la surface de la terre sur laquelle il repose, et puisque cette chaleur

---

(1) Le docteur Halley est le premier qui ait indiqué cette cause des vents alisés, en 1734. Phil. Trans. abr. VII. 500.

provient de l'action des rayons perpendiculaires du soleil, les régions les plus chaudes doivent être celles où le soleil tombe le plus verticalement. C'est donc à ce point que l'air devra être le plus raréfié, et que les parties contigues de l'atmosphère seront attirées vers lui avec le plus de force. Or, le mouvement diurne apparent du soleil se faisant de l'est à l'ouest, ce point le plus chaud changera continuellement de place vers l'ouest, et cet effet déterminera un courant de l'atmosphère dans cette direction, et il semble résulter d'une circonstance dont il a déja été fait mention, que c'est réellement cette cause qui agit ainsi. Lorsque le soleil s'approche de l'un ou de l'autre des tropiques, le vent alisé sur le même côté de l'équateur prend une direction plus à l'est, ce qui résulte évidemment de la cause que nous venons d'énoncer; tandis que l'alisé opposé, privé de cette force d'impulsion additionnelle, souffle dans une direction plus perpendiculaire à l'équateur (1).

Il est, en outre, une autre cause qui influe encore plus sensiblement sur la direction à

(1) Cette cause des vents alisés fut, pour la première fois, assignée par le docteur Halley; et certainement c'est celle de toutes qui agit le plus puissamment.

l'ouest, des vents alisés. Quand on considère l'effet remarquable que l'attraction du soleil et de la lune produit sur l'Océan dont les eaux sont soulevées, on ne peut se refuser à supposer que cette force agit, pour le moins aussi puissamment, sur l'atmosphère qui se trouve plus près de la lune que ne l'est la mer. Si, à cet effet, on ajoute celui de l'élasticité de l'air, ou de sa disposition à se dilater lorsqu'il est dégagé de toute pression quelconque, on en conclura nécessairement que l'atmosphère doit se trouver dans un grand état d'agitation. Or, la lune parcourant la terre dans son mouvement diurne apparent de l'est à l'ouest, les flux et reflux de l'atmosphère doivent être soumis à la même marche et produire en conséquence un mouvement constant dans l'asmosphère de l'est à l'ouest (1).

Il est probable que toutes ces causes diverses se combinent dans la production des vents alisés; et c'est de ce que par fois elles sont réunies, et que dans d'autres circonstances elles sont séparées ou en opposition, que proviennent toutes

(1) D'Alembert indiqua le premier cette cause dans sa *Dissertation sur la cause des vents.*

ces petites irrégularités qui ont lieu dans leur direction et dans leur force.

[*Comment leur limite se trouve dans l'hémisphère nord.*] Puisque ce sont la raréfaction de l'atmosphère par la chaleur du soleil, son ascension, et les courans de nord et sud qui en résultent par l'affluence de l'air plus froid, qui produisent principalement les vents alisés, la limite intérieure de ces vents doit être le parallèle de la zône torride où la chaleur est la plus considérable, parce que c'est là que l'ascension de l'air raréfié doit avoir lieu ; or, comme le soleil n'est pas stationnaire, mais qu'il change continuellement de place d'un tropique à l'autre, on doit naturellement s'attendre à voir varier cette limite des vents alisés avec la cause excitante. On peut en conséquence supposer que le soleil étant perpendiculaire au tropique du cancer, les vents alisés nord-est ne s'étendroient pas plus loin au sud qu'à la latitude nord de 23°.5, que ces mêmes vents sud-est se porteroient aussi loin au nord ; et que le soleil étant dans le tropique du capricorne, ce seroit précisément le contraire qui auroit lieu. Cependant nous avons vu que quoique cette limite soit susceptible de grands changemens par cette cause, on peut en général la regarder

comme fixée entre le 2°. et le 5°. degré de latitude nord.

Quoique sous chacun des tropiques les rayons du soleil soient verticaux pendant une partie de l'année, cependant comme il s'en trouve être pendant six mois à une distance considérable, il en résulte que la chaleur acquise lorsqu'il y frappoit perpendiculairement se perd et au-delà pendant son absence. Mais le soleil est perpendiculaire à l'équateur deux fois l'année, et jamais il ne s'en éloigne de plus de 23°.5 ; l'air est donc deux fois l'année autant échauffé sous l'équateur que sous les tropiques, et jamais il n'y est autant refroidi. La chaleur moyenne à l'équateur doit être par conséquent plus grande, et la raréfaction de l'atmosphère y sera généralement la plus considérable. Mais puisque la limite intérieure des deux vents alisés doit être le parallèle auquel répond la plus grande chaleur moyenne du globe, pourquoi alors, demandera-t-on, l'équateur n'est-il pas cette limite ? Il le seroit en effet sans la raison que nous allons en donner.

Il a été reconnu par les astronomes que l'orbite de la terre est une ellipse à l'un des foyers de laquelle le soleil se trouve placé. En supposant cette orbite divisée en deux parties par une ligne droite perpendiculaire à

l'axe qui la traverse, et passant par le centre du soleil, l'une de ces parties sera moindre que l'autre, et la terre en décrivant cette partie plus petite de son orbite sera constamment plus près du soleil que lorsqu'elle en parcourra l'autre partie. La vîtesse du mouvement de la terre dans tout point quelconque de son orbite est toujours en raison de sa distance au soleil; elle est d'autant plus accélérée que cette distance est moindre, et d'autant plus ralentie qu'elle est plus considérable. C'est pendant notre hiver que la terre passe sur la portion la plus petite de son orbite; cette saison sera donc d'une durée moindre que celle de notre été, par la double raison que la portion parcourue de l'orbite est la plus petite, et que la vîtesse de mouvement de la terre est plus grande. Cette différence de durée est, suivant Cassini, de sept jours vingt-trois heures et cinquante-trois minutes. Tandis qu'on a l'hiver dans l'hémisphère nord, c'est l'été qui règne dans l'hémisphère sud; de sorte que l'été dans l'hémisphère sud y doit être plus court que l'hiver précisément de la même quantité dont la durée de notre hiver est moindre que celle de notre été. La durée de l'été dans l'hémisphère nord est de cent quatre-vingt-six jours onze heures

trente-sept minutes, tandis qu'elle n'est dans l'hémisphère sud que de cent soixante-dix-huit jours dix-huit heures onze minutes. Ces deux quantités sont à-peu-près l'une à l'autre dans le rapport de 15 à 14.5, et il est probable que la température moyenne respective des deux hémisphères suit à-peu-près la même proportion. La limite intérieure des vents alisés doit être le parallèle où la chaleur moyenne du globe est la plus considérable. Ce seroit l'équateur si l'un et l'autre hémisphère étoient également chauds; mais puisque c'est celui boréal qui l'est le plus, c'est dans cet hémisphère que le parallèle de la limite sera situé; et comme la différence de température entre les deux hémisphères n'est pas considérable, ce parallèle ne sera pas très-éloigné de l'équateur.

[*Causes des moussons.*] Le vent alisé souffleroit sans cesse et de la même manière autour du globe si la zône torride étoit entièrement couverte d'eau; il règneroit sur l'océan indien de la même manière que sur les mers atlantique et pacifique, si cet océan n'étoit pas borné au nord par la terre. La terre étant beaucoup plus opaque que l'eau, elle s'échauffe davantage lorsqu'elles sont l'une et l'autre également exposées à l'influence des

rayons du soleil. Ainsi, lorsque le soleil se rapproche du tropique du cancer, l'Inde, la Chine et les contrées adjacentes deviennent beaucoup plus chaudes que l'océan qui baigne leurs côtes méridionales. L'air, à la surface de ces contrées, est donc raréfié ; il s'élève, et il y afflue de l'océan indien de l'air plus froid qui le remplace. Comme ce courant d'air s'établit de l'équateur vers le nord, il doit, par une raison que nous avons déja donnée, prendre l'apparence d'un vent de sud-ouest ; et cette tendance vers l'est est augmentée par la situation des contrées sur lesquelles il soufle. Telle est la cause de la mousson du sud-ouest qui règne pendant l'été dans les parties septentrionales de l'océan indien. Entre Bornéo et les côtes de la Chine sa direction est presque plein nord, parce que le pays vers lequel le courant est dirigé gît plus à l'ouest qu'au nord : circonstance qui influe sur sa vîtesse en la ralentissant.

Dans l'hiver, lorsque le soleil est sur le côté sud de l'équateur, ces mêmes contrées deviennent froides et le vent alisé nord-est reprend son cours qui se prolongeroit ainsi pendant toute l'année si ce n'étoit l'interposition de ces contrées.

A mesure que le soleil se rapproche du

tropique du capricorne, il devient presque perpendiculaire à la Nouvelle Hollande. Ce continent est échauffé à son tour; l'air qui y repose est raréfié et il y arrive, pour le remplacer, de l'air plus froid du nord et de l'ouest. C'est ce qui donne lieu à la mousson de nord-ouest qui soufle d'octobre en avril, entre les troisième et dixième degrés de latitude méridionale. Près de Sumatra, sa direction est réglée par la côte; il en est de même aussi entre l'Afrique et Madagascar.

La même cause qui occasionne les moussons donne naissance aux vents qui souflent sur les côtes occidentales de l'Afrique et de l'Amérique. L'air au-dessus de la terre est plus chaud, plus rare et par conséquent plus léger que celui qui repose sur la surface de la mer; l'air de la mer afflue donc sur les côtes et force l'air plus léger de la terre à s'élever.

Cette même explication est applicable aux phénomènes des brises de mer et de terre. Pendant le jour l'air froid de la mer, chargé de vapeurs, afflue sur la terre et y remplace l'air de la surface qui y est raréfié. A mesure que le soleil décline, la raréfaction de l'air sur la terre diminue et ainsi l'équilibre se rétablit. La mer ayant été moins échauffée pendant le jour que la terre, elle ne se refroidit pas autant pendant la nuit, parce qu'elle

expose continuellement une nouvelle surface à l'atmosphère. Il en résulte qu'à mesure que la nuit approche, l'air plus froid et plus dense des éminences (car où il n'y a point d'éminence, il n'y a pas de brises de terre et de mer) tombe sur les plaines, et sa pression sur l'air de la mer, alors comparativement plus léger produit la brise de terre.

On a vu que la cause principale des vents alisés étoit l'ascension de l'air entre le deuxième et le cinquième degrés de latitude nord. A mesure que cet air s'élève, il doit se refroidir par degrés, et devenir par conséquent de plus en plus pesant. Il redescendroit s'il n'étoit retenu flottant dans les régions supérieures par l'ascension continuelle de l'air nouvellement raréfié. Cet air doit donc refluer vers le nord et le sud ; et comme il se mêle peu-à-peu dans son passage avec l'air des couches inférieures, il est probable que la plus grande partie n'en peut pas arriver au-delà du trentième degré de latitude qui est la limite extérieure du vent alisé. Il s'établit ainsi une circulation continuelle de l'atmosphère dans la zône torride ; l'air s'élève près de l'équateur, puis étant parvenu à une certaine hauteur, il refoule vers le nord et le sud, descend graduellement vers la surface de la terre à mesure qu'il approche

du trentième degré, et de là il afflue de nouveau vers l'équateur pour recommencer le même circuit.

[*Cause des vents de sud-ouest.*] Si l'attraction de la lune et le mouvement diurne apparent du soleil ont une action quelconque sur l'atmosphère (et il est difficile de contester ce fait), il en résulte qu'il doit y avoir un mouvement réel de l'air vers l'ouest en-deçà des limites des vents alisés. La conséquence de ce courant d'ouest est un courant est sur leurs côtés nord et sud, ainsi que l'a démontré d'Alembert, et c'est de là que résulte la fréquence des vents de sud-ouest sur l'océan atlantique, et sur les parties occidentales de l'Europe.

Il a été rendu probable par Kirwan que la fréquence des vents de sud-ouest dans nos latitudes, au moins pendant l'hiver, est due à un courant opposé qui soufle pendant la même saison sur les parties orientales de notre hémisphère, entre la côte de Malabar et les Moluques. Le vent de nord doit provenir de contrées encore plus au nord vers le pôle, et il y doit être à son tour remplacé des contrées au sud d'elles dans les parties occidentales de notre hémisphère (1).

(1) Irish. Trans. VIII. 400.

Notre théorie des vents variables est encore trop imparfaite pour essayer d'en donner une explication satisfaisante. Ces vents portent évidemment l'empreinte de la nature de chaque climat, et dépendent, par conséquent, de causes qui agissent uniformément nonobstant toutes leurs irrégularités apparentes. Toutes ces causes sont intimement liées ensemble et suivent probablement entre elles un certain ordre, quoiqu'on ne l'ait point encore observé. On ne peut donc offrir jusqu'à présent à cet égard qu'un petit nombre de remarques éparses.

Les vents paroissent avoir habituellement leur origine au point vers lequel ils souflent (1). Ils doivent donc provenir d'une raréfaction ou déplacement d'air dans quelque lieu particulier, occasionné par l'action de la chaleur ou par toute autre cause, et c'est plus particulièrement le cas lorsque le vent soufle avec violence. Les ouragans sont régulièrement précédés d'un abaissement considérable du mercure dans le baromètre, et le vent soufle souvent dans tous les sens vers le lieu où le baromètre se maintient si bas. On seroit tenté de supposer qu'alors il s'est opéré une décomposition soudaine d'une portion de l'atmosphère.

(1) Kirwan, *ibid.* p. 397.

On a observé à diverses reprises que les vents forts de nord-est commencent au lieu vers lequel ils souflent. En 1740, le docteur Franklin fut arrêté dans l'observation qu'il faisoit d'une éclipse de lune à Philadelphie, par une tempête de nord-est qui s'éleva vers les 7 heures du soir. Il fut surpris d'apprendre par la suite qu'elle n'avoit pas eu lieu à Boston avant 11 heures : et en comparant ensemble tous les rapports qui furent faits de plusieurs colonies sur le commencement de cette tempête et d'autres de même nature, il trouva qu'elle avoit toujours lieu une heure plus tard au nord-est par chaque espace de 16 myriamètres environ.

« D'après cela, dit-il, je me formai de la « tempête une idée que je rendrai sensible par « un exemple familier. Je suppose un long « canal d'eau fermé à son extrémité par une « vanne. L'eau y reste en repos jusqu'à ce que « la vanne soit ouverte ; alors elle commence à « se mouvoir à travers la vanne, et l'eau con- « tigue à cette vanne est d'abord en mouve- « ment. Ce mouvement de l'eau vers la vanne « se communique successivement jusqu'à l'eau « de la tête du canal qui se meut la dernière. « Dans ce cas toute l'eau du canal est bien en « mouvement vers la vanne, mais les tems suc- « cessifs du commencement et de la propagation

« du mouvement ont eu lieu en sens contraire,
« c'est-à-dire, du bas de la vanne à la tête du
« canal. Ainsi j'imagine qu'une tempête de nord-
« est peut être produite par quelque grande
« raréfaction dans le golfe du Mexique ou près
« de ce golfe; l'air s'élevant de là y est rem-
« placé par celui contigu plus nord, plus
« froid et par conséquent plus dense et plus
« pesant; il se forme un courant successif au-
« quel notre côte et les montagnes de l'inté-
« rieur donnent une direction nord-est (1). »

Une tempête semblable fut observée par le docteur Mitchell, en 1802. Elle commença à Charlestowne, le 21 février à deux heures de l'après-midi et ne se fit sentir à Wasington à quelques vingtaines de myriamètres au nord-est, qu'à 5 heures; à New-York elle commença à dix heures du soir, et n'eut lieu à Albany qu'au point du jour du lendemain 22. Son mouvement, d'après ces observations, fut de 176 myriamètres en onze heures, ou de 16 par heure (2).

Une tempête remarquable de la même espèce, et accompagnée d'un vent d'est fut observée en Ecosse, le 8 février 1799. Elle

(1) Francklin's *Philosophical letters*. p. 389.

(2) Phil. Mag. XIII. 272.

amena la chûte d'une énorme quantité de neige, et le mouvement du vent fut de beaucoup ralenti. A Falkirk il commença à neiger le 7 à six heures du soir; à Edimbourg, à environ une heure du matin du 8; et à Dunbar, à huit heures du matin; cette tempête dura onze heures et ne parcourut pas plus de 16 myriamètres pendant tout ce tems.

Le vent de nord-est soufle le plus fréquemment pour nous pendant les mois du printems, et il paroît, d'après des observations faites par le capitaine Cook, que c'est ce vent aussi qui prévaut pendant le même tems dans la partie nord de la mer pacifique; d'où il résulte que dans cette même saison l'air froid du nord de l'Europe et de l'Amérique soufle sur les mers atlantique et pacifique. C'est par cette raison que l'air y est d'un froid, d'une sécheresse et d'une densité extraordinaires.

Il arrive très-fréquemment qu'on observe un courant d'air souflant à la surface de la terre, tandis qu'il en existe un dans une direction contraire dans les couches plus élevées de l'atmosphère. J'ai eu même occasion de remarquer une fois trois courans d'air souflant ainsi tous à la fois en sens contraire. On assure que les changemens de saison commencent généralement dans les couches supérieures de l'air. Le

vent qui y soufle y descend ensuite par degrés à la surface de la terre (1).

[*Vents partiels.*] Outre les vents généraux, il en est d'autres qui ne s'étendent que sur une très-petite partie de terre, et qui dérivent d'un grand nombre de causes diverses. L'atmosphère est composée de trois substances différentes, l'air, la vapeur et l'acide carbonique, auxquelles on peut ajouter l'eau. Ces ingrédiens changent continuellement en grande partie leur état aériforme et se combinent avec diverses substances, où ces mêmes ingrédiens, sans cesse séparés d'autres corps, prennent la forme d'air et se mêlent avec l'atmosphère. Il doit donc se faire continuellement dans différentes parties de l'atmosphère des vides et des accumulations partiels qui occasionneront des vents variables dans leur direction, leur force et leur durée, selon que l'air détruit ou produit l'aura été plus ou moins subitement et en plus ou moins grande quantité. Outre ces ingrédiens il en est beaucoup d'autres encore dans un état continuel de mélange avec l'atmosphère, et il existe un grand nombre de causes partielles de condensation et de raré-

(1) Derham et Gentil-Kirwan, Irish. Trans. VIII. 404.

faction dans des lieux particuliers. C'est à ces causes et à d'autres probablement inconnues jusqu'à présent, qu'il faut attribuer tous ceux des vents autres que les vents généraux déja examinés qui souflent dans un lieu quelconque: et comme les vents particuliers dépendent de causes reconnues, jusqu'à présent au moins, pour être accidentelles, il est probable qu'elles troubleront à jamais l'uniformité et la régularité des vents. Il est possible cependant de découvrir toutes ces causes et il est vraisemblable qu'on y parviendra. Les circonstances qui leur donnent naissance et les effets qu'elles devront produire pourront être connus, et alors toutes les fois que le même cas se reproduira, les vents de tout lieu quelconque deviendront susceptibles d'être en quelque sorte assujétis au calcul.

SECTION V.

De l'électricité atmosphérique.

L'air est un de ces corps qui ont reçu la dénomination d'*électriques*, à raison de la faculté qu'ils ont d'être positivement ou négativement chargés de la matière électrique.

L'air ne contient pas seulement cette portion d'électricité qui semble nécessaire à la constitution de tous les corps terrestres, mais encore il est susceptible de se trouver dans des états différens d'électrisation en plus ou en moins, suivant que l'électricité lui est fournie ou soustraite par les corps qui la conduisent. Ce sont ces variations dans la proportion de matière électrique existant dans l'air qui donnent lieu à un grand nombre de phénomènes et qui contribuent vraisemblablement, en très-grande partie, aux combinaisons et aux décompositions qui s'y opèrent continuellement. L'état électrique de l'atmosphère est donc un objet de considération de la plus grande importance, et c'est avec grande raison que les physiciens s'en sont occupés d'une manière particulière depuis qu'il a été démontré par le docteur Francklin que le tonnerre est occasionné par l'action de l'électricité.

1. Les observations les plus complètes qui aient été faites sur l'électricité de l'atmosphère sont celles du professeur Beccaria de Turin. Il trouva que l'air est presque toujours électrisé positivement, spécialement dans le jour et dans un tems sec. Lorsque le tems étant sombre et humide, il s'éclaircit, l'électricité est toujours négative. Les brouillards bas et

épais qui s'élèvent dans l'air sec, y portent la matière électrique en grande abondance.

2. Lorsque le matin l'hygromètre indique un état de sécheresse de l'air égale à celle du jour précédent, on obtient l'électricité positive avant même le lever du soleil. A mesure que le soleil monte sur l'horison cette électricité augmente d'une manière remarquable, si la sécheresse devient plus grande. Le soir l'électricité diminue.

3. A midi l'électricité des jours également secs, est proportionnelle à la chaleur.

4. Les vents affoiblissent toujours l'électricité d'un jour clair, et spécialement s'ils sont humides.

5. La plupart du tems lorsque par un ciel clair il fait un peu de vent, il s'élève une quantité considérable d'électricité après le coucher du soleil, à la rosée tombante.

6. Les expériences de Saussure et d'autres physiciens ont répandu un grand jour sur les sources de l'électricité atmosphérique. Non-seulement l'air s'électrise par frottement comme les autres corps électriques, mais encore son état d'électricité est changé par diverses opérations chimiques qui ont souvent lieu dans l'atmosphère. Il paroît, que dans tous les cas d'évaporation, la matière électrique est charriée

dans l'atmosphère, et Saussure s'est assuré que la décomposition de l'eau, qui a lieu, par exemple, lors qu'on jette des gouttes d'eau sur un fer rouge, augmente de beaucoup la quantité d'électricité. D'un autre côté, lorsque la vapeur d'eau est condensée en vapeur vésiculaire ou en eau, l'air devient électrisé négativement. Il paroîtroit donc résulter de ce fait que l'électricité entre dans l'eau comme partie composante ; qu'elle se sépare lorsque l'eau est décomposée ou en expansion à l'état de vapeur, et qu'elle se rassemble lorsque la vapeur est de nouveau condensée en eau.

M. Canton s'est de plus assuré que de l'air sec, lorsqu'il est échauffé, devient électrisé négativement et qu'étant refroidi il l'est positivement lors même qu'il n'a pas la faculté de se raréfier ou de se condenser. L'expansion et la contraction de l'air occasionnent aussi des changemens dans son état électrique.

[*Sources de l'électricité atmosphérique.*] Il y a quatre sources connues de l'électricité atmosphérique ; 1°. le frottement ; 2°. l'évaporation ; 3°. la chaleur et le froid ; 4°. l'expansion et la contraction ; sans parler de l'électricité qui se dégage par le mélange, le refroidissement, la dissolution, etc. des divers corps en contact avec l'air.

[*Conséquences de son accumulation.*]

7. L'air étant un corps idio-électrique, la matière de l'électricité lorsqu'elle est accumulée dans des couches particulières quelconques de l'atmosphère, ne se transmettra pas immédiatement aux couches voisines, mais elle produira sur elles des changemens analogues à ceux qui auroient lieu en pareil cas sur des lames de verre, ou corps semblables entassés les uns sur les autres. Si donc une couche d'air est électrisée positivement la couche immédiatement au-dessus le sera négativement; la couche au-dessus de celle-ci sera positive et ainsi de suite. Supposons actuellement qu'un conducteur imparfait soit mis en contact avec chacune de ces couches, on sait que d'après les principes de l'électricité, l'équilibre se rétabliroit, et que cet effet seroit accompagné d'un grand bruit et d'un éclat de lumière. Les nuages qui consistent dans un mélange de vapeurs vésiculaires et de molécules d'air sont des conducteurs imparfaits; et par conséquent si un nuage vient en contact avec de semblables couches, il s'ensuivra un coup de tonnerre. Si une couche positive se trouve située près de la terre, l'intervention d'un nuage servira comme d'échelon pour amener cette couche dans la limite de sa distance de

décharge, et pendant que le fluide électrique s'en écoulera dans la terre, on entendra un coup de tonnerre. Si la couche est négative il se produira des effets contraires. Il ne paroît pas cependant que le tonnerre soit souvent occasionné par une décharge de la matière électrique de la terre dans l'atmosphère. Les accidens que, pour la plupart au moins, on attribuoit autrefois à cette cause, sont actuellement expliqués d'une manière beaucoup plus satisfaisante par la *théorie des chocs en retour* du lord Stanhope. Il ne paroît pas, non plus, que l'électricité se décharge souvent dans la terre ; car il y a peu d'effets visibles du tonnerre sur la terre ; on ne peut douter cependant que cela n'ait lieu quelquefois.

Mais l'examen en détail des phénomènes du tonnerre n'est pas du domaine de la chimie. Il faut laisser cette tâche au physicien dans sa considération de l'électricité. On ne doit cependant pas omettre de faire ici une remarque ; c'est que toute décharge d'électricité naturelle, ou artificielle dans l'air, produit indubitablement quelque changement analogue à la combustion. La lumière ainsi que l'odeur particulière qui accompagnent toute décharge électrique dans l'air sont une preuve de ce fait ; car il ne se manifeste pas de lumière

lorsque cette décharge a lieu dans le vide. Quelle est la nature de ce changement produit dans l'air par l'électricité, ou comment s'opère-t-il? Ce sont des questions que dans l'état actuel de nos connoissances, il ne nous est pas possible de résoudre; mais les phénomènes très-extraordinaires du galvanisme, dont la considération occupe particulièrement aujourd'hui l'attention des savans, nous promettent non-seulement d'utiles et intéressantes découvertes sur ce sujet important, mais encore ils nous démontrent déja qu'il existe entre la chimie et l'électricité un rapport beaucoup plus intime qu'on ne l'avoit soupçonné jusqu'à présent.

Section VI.

Des pierres qui tombent de l'atmosphère.

Rien ne prouve davantage combien l'état de la science de la météorologie est encore imparfait, que la découverte de phénomènes auxquels on ne peut pas même assigner une cause conjecturale qui présente le moindre degré de probabilité. On a observé de tout tems dans l'atmosphère des corps lumineux qu'on a appelés *météores*, *globes de feu*, etc.,

et beaucoup de ces corps ont été décrits par des témoins oculaires. Un des plus remarquables de ces météores fut celui qui apparut en 1783. Il étoit très-lumineux et n'avoit pas moins de 900 mètres de diamètre. Il traversa l'Angleterre et une grande partie du continent de l'Europe avec la plus grande vîtesse, à la hauteur d'environ dix myriamètres au-dessus de la surface de la terre (1). Presque tous les météores observés se ressembloient entre eux. Ils étoient lumineux, à une grande élévation, ils avoient un mouvement très-rapide et disparoissoient promptement. Leur disparition étoit ordinairement accompagnée d'une forte explosion semblable à un coup de tonnerre, et on assuroit presque toujours qu'il en tomboit sur la terre des corps pierreux pesans ; mais quoiqu'il eût été publié de tems en tems des récits bien authentiques de la chûte de pareils corps, on n'y avoit pas donné une grande confiance, et l'attention des physiciens ne fut réellement éveillée sur la nature de ce phénomène qu'à l'époque où parut la dissertation du docteur Chladni, sur ce sujet, en 1794. Deux ans après M. King présenta une collection encore plus complète d'exemples

(1) Ann. de chim. LXV. 225.

tant anciens que modernes, dont plusieurs présentoient un tel degré d'évidence qu'il n'étoit pas possible de s'y refuser. Ces deux dissertations produisirent un grand effet : mais l'idée qu'il étoit réellement tombé des pierres de l'atmosphère, paroissoit si extraordinaire et si contraire à ce que nous connoissons de la constitution de l'air, qu'on hésita à l'adopter, ou qu'on refusa d'y croire. Sur ces entrefaites, M. Howard prit une marche différente pour mieux éclairer le sujet. Non-seulement il recueillit tous les rapports nouveaux bien authentiques de chûtes de corps pierreux pour bien examiner les caractères d'évidence qu'ils pouvoient offrir, mais encore il se procura des échantillons des pierres qu'on avoit dit être tombées dans différens lieux. Il les compara les uns aux autres et les soumit à l'analyse chimique. Il reconnut ainsi que tous ces corps pierreux diffèrent complètement de toute autre pierre connue, qu'ils se ressemblent tous entre eux, et qu'ils sont tous composés des mêmes principes. Sa dissertation à ce sujet fut publiée dans les Transactions Philosophiques pour 1802. On trouve dans cet intéressant mémoire des preuves absolument irrésistibles que les corps pierreux dont on y traite, sont réellement tombés de l'atmosphère; et, en

effet, leurs caractères extérieurs et l'analyse chimique suffiroient pour décider ce point; car, comment concevoir qu'il se fût rencontré dans l'Inde, en Angleterre, en France, en Allemagne et en Italie, dans des climats et sur des sols de nature très-diverse, des pierres différant de tout autre minéral existant dans les contrées où elles avoient été trouvées, et se ressemblant parfaitement entre elles, si elles n'avoient pas une même origine. L'analyse chimique de M. Howard fut bientôt après répétée par Vauquelin (1) et Klaproth (2), et les résultats s'en trouvèrent conformes.

1. Dans la plupart des cas la chûte de pierres de l'atmosphère a été précédée de l'apparence de corps lumineux ou météores. Ces météores crèvent avec détonation et alors une pluie de pierres tombe sur la terre. Quelquefois les pierres continuent d'être lumineuses jusqu'à ce qu'elles arrivent à la terre; mais ordinairement elles cessent de répandre de la lumière au moment de l'explosion. Ces météores se meuvent dans une direction presqu'horisontale et semblent se rapprocher de la terre avant

---

(1) Ann. de chim. XLV. 225.

(2, Phil. Mag. XV. 182.

l'éclater. Dans la table qui suit, formée par M. Izarn, on trouve rassemblés les exemples les plus authentiquement constatés de chûtes de pierres de l'atmosphère observées jusqu'à présent. On y a joint l'indication des époques de leur chûte, et cité les personnes sur le témoignage desquelles l'évidence des faits repose (1).

(1) Phil. Mag. XVI. 298.

Digitized by Google

OBSERVATIONS

Anciennes et modernes de la chûte de diverses substa
solides sur la surface de la terre.

SUBSTANCES qu'on a dit être tombées.	LIEUX où l'on dit les avoir vues tomber.	EPOQUES de leur chûte.	TÉMOIN OU NARRATI du phénomè
Pluie de pierres..	A Rome	Sous le règne de Tullus Hostilius	Tite-Live.
Pluie de pierres..	A Rome........	Consulat de C.Martius et Manlius Torquatus	Julius Obseq
Pluie de fer.....	Dans la Lucanie.	L'année avant la défaite de Crassus	Pline.
Pluie de mercure.	En Italie	....	Dion.
Une pierre très-grande	Près du fleuve Négos, dans la Thrace.......	2e. année de la 78e. olympiade.....	Pline.
3 grandes pierres.	Dans la Thrace..	L'an avant J. C. 452.	Chronique d Marcellin.
Pluie de feu.....	Au Quesnoy	4 janvier 1717...	M. Geoffro cadet.
Une pierre de 35 kil. 2 hect.....	Près de Larisse, en Macédoine	En janvier 1706.	Paul Lucas.
Environ 1200 pierres, dont une de 58 kil. 6 hect., une autre de 29 kil. 5 hect.....	En Italie, près de Padoue.......	En 1510........	Cardase, liv chap. 72 (V
Une pierre de 28 kil. 8 hect.....	Sur le mont Vaiser, en Provence...	Le 27 novembre 1627.........	Gassendi.

Digitized by Google

BSTANCES qu'on a dit tre tombées.	LIEUX où l'on dit les avoir vues tomber.	EPOQUES de leur chûte.	TÉMOINS ou NARRATEURS du phénomène.
ie de sable pendant 15 heures.	Dans la mer atlantique.....	Le 6 avril 1719..	Le Père Lafeuillée.
ie de soufre...	Sodome et Gomorre.....	....	Moïse.
ie sulfureuse..	Dans le duché de Mansfeld.....	En 1658.......	Spangenberg.
m..........	A Copenhague...	En 1646.......	Olaus Wormius.
ie de soufre...	A Brunswick...	En octobre 1721.	Siegesber.
ie visqueuse tièreinconnue)	En Irlande.....	En 1695.......	Muschenbroeck.
ux grosses pierres pesant 9 kil. 1 hect.......	A Liponas, en Bresse.......	En septemb. 1755.	M. De Lalande.
e masse pierreuse.........	A Niort, en Normandie.....	En 1750.......	M. De Lalande.
e pierre de 3 il. 6 hect....	A Lucé, dans le Maine.....	13 septemb. 1768.	M. Bachelay.
e pierre.....	A Aire, en Artois.	En 1768.......	M. Gurson de Boyaval.
e pierre.....	Dans le Cotentin.	En 1768.......	M. Morand.
ie de pierres rès-étendue...	Aux environs d'Agen.......	Le 24 juillet 1790.	MM. St.-Amans, Baudin, etc.
viron 12 pierres.	A Sienne (Toscane).......	Juillet 1794.....	Le cmte de Bristol.
le grosse pierre de 27 kil. 3 hec.	A Wold-Cottage (comté d'Yorck).	13 décemb. 1795.	Le cap. Topham.
le pierre d'environ 9 kil. 7 hec.	A Salé, département du Rhône.	17 mars 1798....	MM. Lelièvre et de Drée.

SUBSTANCES qu'on a dit être tombées.	LIEUX où l'on dit les avoir vues tomber.	ÉPOQUES de leur chûte.	TÉMOI[NS] OU NARRAT[EURS] du phénom[ène]
Une pierre de 4 kil. 8 hect.....	En Portugal.....	19 février 1796..	M. Southey
Pluie de pierres..	A Benarès (Indes-Orientales....	19 décembre 1798.	John Loyd [Wil]liams, esq.
Pluie de pierres..	A Plann près Tabor, en Bohême.	3 juillet 1753....	De Born.
Masse de fer de 2 mèt. 7 déci. cubes.........	En Amérique....	5 avril 1800.....	Philosophical [Ma]gasine.
Masse de fer de 684 kil. 8 hect.	A Abakank, en Sibérie.......	Très-ancienne...	Pallas, Chladn[i]
Pluie de pierres..	A Barboutan, près Roquefort.....	En juillet 1789..	Darcet fils, [Bau]met, etc.
Une grosse pierre de 127 kil. 1 hec.	A Ensisheim (Haut-Rhin)........	7 novembre 1492.	Butenschoën.
Deux pierres de 97 kil. 8 hect. et 146 kil 7 hect.	Près Vérone....	En 1672........	Académie de [Ve]delot.
Une pierre d'environ 10 kil. ..	Sales, près Ville-Franche......	12 mars 1798....	De Drée.
Plusieurs de 5 à 9 kil.........	Près de Laigle, en Normandie....	26 avril 1803....	Fourcroy.

TABLEAU

Des principales opinions émises jusqu'à ce jour sur les substances solides tombées sur notre globe.

NOMS DES PHYSICIENS QUI LES ONT REGARDÉES COMME			
DES PRODUITS lancés de la terre par les volcans ou les ouragans.	DES SUBSTANCES minérales fondues par la foudre à l'endroit même où on les a trouvées.	DES CONCRÉTIONS formées dans l'atmosphère.	DES MASSES étrangères à notre planète.
Fréret.	Lémery.	Descartes.	Eusèbe Salverte.
Gassendi.	Les académiciens.	Lesser.	Chladni.
Muschenbroeck.	Agricola.	Goyon d'Arzas.	Biot.
Barthold.	Stahl.	Sir W. Hamilton.	Poisson.
G. A. Deluc.	Gronberg.	Edward King.	Bibliothèq. britan.
	Patrin.		

2. Les corps pierreux lorsqu'on les trouve après leur chûte, sont toujours chauds. Ils s'enfoncent ordinairement à quelque profondeur dans la terre, et varient beaucoup en grosseur. Il sont communément arrondis et toujours recouverts d'une croûte noire. Dans beaucoup de cas, ils répandent une forte odeur de soufre. La croûte noire consiste principalement, d'après l'analyse de M. Howard, dans un oxide de fer.

[*Leur composition.*] 3. La surface extérieure de ces pierres est couverte de petites aspérités qui leur donnent l'apparence de la peau du poisson qu'on nomme chagrin. Lorsqu'elles sont brisées elles paroissent à l'intérieur d'une couleur grise cendrée et d'un tissu granuleux, semblable à celui d'un grès grossier. Vues à la loupe, on y distingue aisément quatre substances différentes dont la pierre se compose; 1°. un grand nombre de petits corps sphériques, de grosseurs diverses, depuis celle d'une tête de petite épingle jusqu'à celle d'un poids. Ces globules sont de couleur grise tirant sur le brun. Ils se brisent aisément dans tous les sens et leur fracture présente un tissu compacte. Leur dureté est telle qu'ils peuvent rayer le verre. Ils donnent de foibles étincelles avec l'acier; 2°. des frag-

mens de pyrites, de forme indéterminée, de couleur jaune rougeâtre, d'un tissu granuleux, et facilement réductibles en une poudre de couleur noire; 3°. des particules de fer à l'état métallique et ductile, disséminées comme les pyrites à travers la pierre; 4°. les trois substances qu'on vient de désigner sont unies entre elles par une quatrième substance de consistance terreuse et tellement molle qu'on en peut aisément séparer les trois autres substances avec la pointe d'un couteau et même avec l'ongle. La pierre elle-même peut s'émietter aisément sous les doigts. La couleur de cette espèce de ciment est grise (1). La proportion et la dimension de ces diverses parties constituantes des pierres varient considérablement dans différens échantillons; mais elles ont toutes entre elles une ressemblance frappante. Leur pesanteur spécifique varie de 3.552 à 4.281 (2).

[*Leur analyse chimique.*] 4. D'après l'analyse que M. Howard a faite de ces pierres avec beaucoup de précision et d'adresse, et dont les résultats se sont trouvés pleinement confirmés par celles de Vauquelin et de Klaproth, on voit que la croûte noire est un composé

(1) Bournon, Phil. Trans. 1802.

(2) *Ibid.*

de fer et de nickel, en partie à l'état métallique et en partie à celui d'oxide. Les pyrites consistent en fer, nickel et soufre. Les particules métalliques sont du fer combiné avec environ les 0.33 de son poids de nickel, et les corps globuleux jaunes disséminés dans ces pierres sont formés de silice, de magnésie, de fer et de nickel. Le comte de Bournon a observé que ces globules ressemblent à la chrysolite de Werner, et que leur analyse chimique correspond exactement à celle que Klaproth a faite de ce minéral. Le ciment terreux se compose des mêmes substances que les corps globuleux et à-peu-près dans les mêmes proportions. Mais il paroît nécessaire de présenter ici les résultats de quelques-unes des analyses de ces pierres tels qu'ils ont été annoncés par les savans a qui nous en sommes redevables. Une pierre tombée à Bénarès, dans les Indes orientales, analysée par M. Howard, lui a donné, savoir :

Pour les substances contenues dans les pyrites,

2.0	Soufre.
10.5	Fer.
1.0	Nickel.
2.0	Matières terreuses et étrangères.
15.5	

Pour les corps sphériques,

50.0	Silice.
15.0	Magnésie.
34.0	Oxide de fer.
2.5	Oxide de nickel.
101.5	

Pour le ciment terreux,

48.0	Silice.
18.0	Magnésie.
34.0	Oxide de fer.
2.5	Oxide de nickel.
102.5	

Une pierre tombée dans le comté d'York, dépouillée autant que possible de ses particules métalliques, donna à M. Howard sur 150 parties qui en furent soumises à l'analyse, savoir :

75	Silice.
37	Magnésie.
48	Oxide de fer.
2	Oxide de nickel.
162	

L'excès de poids étoit dû à l'état d'oxidation des corps métalliques.

Des pierres tombées à Laigle en France, en 1803, produisirent à l'analyse qui en fut faite par Vauquelin et Fourcroy, sur cent parties, savoir :

54	Silice.
36	Oxide de fer.
9	Magnésie.
3	Oxide de nickel.
2	Soufre.
1	Chaux.
105 (1)	

On a présenté dans la table qui suit les résultats des analyses les plus remarquables qui aient été faites de pierres semblables depuis la publication du mémoire de M. Howard, sur ce sujet.

(1) Phil. Mag. XVI. 302.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Fer.........	»	2.25	19.0	38.3	17 à 22
Nickel.......	2.4	0.60	1.5	0.33	
Oxide de fer..	30.0	25.00	16.5	»	5
Sulfure de fer.	»	»	»	»	12
Soufre.......	3.5	Trace.	Trace.	9.00	»
Silice........	56.0	44.00	37.0	34.00	»
Magnésie.....	12.0	22.50	21.5	14.50	66
Chaux.......	1.4	»	»	»	Trace.
Manganèse...	»	0.25	»	0.83	»

(1) Vauquelin, Phil. Mag. XVI. 302. Pierre tombée à Ensisheim en 1492.

(2) Klaproth, Gehlen, Jour. I. 8. Pierre tombée à Sienne en 1794.

(3) Klaproth, *ibid.* p. 12. Pierre tombée à Auchstadtschen en 1796.

(4) Laugier, *ibid.* IV. 531. Pierre tombée à Vaucluse en 1804. *Voy.* la description qu'en a donnée Vauquelin, Ann. de chim. XLVIII. 225.

(5) Proust, Jour. de phys. LX. 185. Pierre tombée à Sigena en 1773.

[*Conjectures sur leur origine.*] 5. Les expériences de M. Howard, ainsi confirmées par celles d'autres savans, et appuyées sur l'évidence historique la plus recommandable, ayant démontré que ces corps pierreux tomboient bien réellement du ciel, on devoit naturellement s'attendre à toutes les tentatives qui seroient faites pour rendre raison de ce phénomène. Mais le sujet est enveloppé d'une telle obscurité, et la science de la météorologie a fait si peu de progrès, qu'il n'a pas encore été émis jusqu'à présent d'opinion à cet égard qui présente le plus léger caractère de probabilité. On supposa d'abord que les corps dont il s'agit provenoient d'éruptions volcaniques; mais la distance immense à laquelle sont les volcans des lieux où ces corps ont été trouvés, et la non existence de pierres toutes semblables dans les productions volcaniques, rendent cette opinion insoutetenable. Chladni s'efforça de prouver que les météores d'où ces pierres tombent sont des corps flottans dans l'espace qui ne se rattachent à aucun système planétaire, qui sont attirés par la terre dans leur course et embrasés par la rapidité de leur mouvement dans l'atmosphère. Mais une semblable théorie pa-

roît tellement dénuée de tout fondement qui puisse la faire admettre, qu'on seroit tenté de penser que le docteur Chladni lui-même n'y croit pas. Laplace mit en avant la probabilité que ces pierres étoient lancées sur notre globe par les volcans de la lune ; mais les météores qui accompagnent presque toujours leur chûte, et la vitesse de leur mouvement horisontal sont de trop fortes objections contre cette opinion. La plupart des physiciens considèrent avec M. King et Sir William Hamilton, ces corps comme des concrétions formées dans l'atmosphère. Cette hypothèse est sans contredit la plus probable de toutes ; mais dans l'état actuel de nos connoissances il seroit absurde d'essayer de donner aucune explication de la manière dont se forment ces corps pierreux. Les grandes masses de fer natif qui existent dans l'Amérique septentrionale, en Sibérie, et près d'Agnam, contiennent du nickel ainsi que s'en sont assurés Proust, Howard et Klaproth, et ressemblent exactement au fer qu'on trouve dans les pierres tombées de l'atmosphère. Nous avons donc tout lieu de croire que ces pierres ont la même origine, et c'est en effet l'opinion presque générale des physiciens. Klaproth a fait voir que le fer natif

se distingue du fer météorique par l'absence du nickel (1).

Au total, on peut considérer ces masses pierreuses et métalliques comme des fragmens de globes de feu qui se sont embrasés dans l'atmosphère; mais l'origine et la cause de ces globes de feu se déroberont pendant des siècles peut-être encore à toutes les recherches des savans pour les connoître.

(1) Gehlen, Jour. I. 8.

LIVRE II.

Des eaux.

[*Eaux.*] Tout le monde a dû observer d'assez près les eaux qui existent en si grande abondance sur la presque totalité de la surface de la terre, pour remarquer qu'elles diffèrent considérablement entre elles dans leur saveur et leur transparence, ainsi que dans leurs propriétés comme pouvant servir aux alimens ou à divers autres usages de l'économie domestique. Ces différences résultent de la présence de corps étrangers que le fluide aqueux tient en dissolution ou en suspension ; car l'eau ne se rencontre jamais dans la nature à l'état de pureté parfaite. Dans quelques cas la proportion de ces matières étrangères est si foible qu'elle n'influe en rien sur la saveur ou les autres propriétés de l'eau ; mais dans d'autres circonstances elles les altèrent entièrement ; elles la rendent nuisible, ou médicinale, ou de nature à ne pouvoir plus servir à la préparation des alimens. Je considérerai sous un point de vue général dans ce livre les différentes sources et réunions d'eau, et j'entrerai dans l'examen de leurs propriétés

et de leurs parties composantes autant qu'on a pu jusqu'à présent les reconnoître.

[*Divisibles en trois classes.*] On peut très-convenablement établir en trois classes les différentes eaux ; savoir : 1. Les eaux qui peuvent être employées à la préparation des alimens et aux autres objets d'économie domestique pour lesquels on se sert ordinairement d'eau. On peut à défaut de dénomination plus convenable appeler cette espèce d'eau *eau ordinaire*. 2. L'eau de mer. 3. Les eaux auxquelles on a donné la dénomination d'*eaux minérales*, à raison de ce qu'elles contiennent des substances minérales en grande proportion. On traitera dans les trois chapitres suivans de chacune de ces classes d'eaux.

CHAPITRE PREMIER.

Eaux ordinaires.

La bonne eau est transparente comme le cristal et entièrement incolore. Elle est sans odeur et n'a point ou n'a que très-peu de saveur ; et en général plus elle est légère et meilleure elle est. En comparant entre elles

les différentes eaux dont on fait usage pour les besoins ordinaires de la vie, et en les jugeant d'après les caractères que nous venons d'établir, on trouvera qu'elles diffèrent considérablement suivant les circonstances de leur situation. On peut les réduire aux quatre espèces suivantes ; savoir : 1. l'eau de pluie ; 2. l'eau de source et de rivière ; 3. l'eau de puits ; 4. l'eau de lac.

[*Eau de pluie.*] 1. L'eau de pluie, à moins qu'elle ne soit tombée près d'une ville, ou qu'elle n'ait été recueillie au commencement de la pluie, a toutes les propriétés de la bonne eau. Elle est tout aussi complètement dépouillée de substances étrangères que toute eau native quelconque. Les substances qu'elle tient en dissolution sont l'*air*, l'*acide carbonique*, le *carbonate de chaux* ; et, suivant Bergman, elle donne quelques indices de présence d'*acide nitrique* et d'un peu de *muriate de chaux* (1).

Ce fut Boyle qui reconnut le premier l'existence de l'air dans l'eau, et ce fut Schéele aussi qui s'assura le premier que cet air contenoit une plus grande proportion d'oxigène que l'air atmosphérique. La quantité d'air dans

(1) Bergman. I. 87.

la bonne eau ne doit pas excéder les 0.0357 de son volume. Un décimètre cube d'eau contient généralement environ dix centimètres cubes de gaz acide carbonique. C'est à la présence de ces deux fluides élastiques que l'eau doit sa saveur ; c'est d'elle que dérivent la plupart des bons effets qu'elle produit sur les animaux et les végétaux ; et c'est aussi parce que ces gaz s'en séparent que l'eau devient fade lorsqu'on la fait bouillir.

[*Eau de neige.*] L'eau provenant de la neige nouvellement fondue est aussi dépourvue de tout corps gazeux (1) ; et c'est par cette raison que le poisson n'y peut vivre ainsi que Carradori s'en est assuré (2). Hassenfratz a bien essayé de prouver que l'eau de neige tient du gaz oxigène en dissolution ; mais, selon toutes les probabilités, l'eau qu'il examina, avoit absorbé l'air de l'atmosphère.

La quantité de muriate de chaux que contient l'eau de pluie, doit être excessivement petite, s'il est vrai, ainsi que l'a annoncé Morveau, qu'on peut rendre l'eau de pluie suffisamment pure pour être convenablement employée dans les laboratoires de chimie en y versant un peu

(1) Bergman. I. 87.
(2) Jour. de phys. XLVIII. 226.

de dissolution de barite, et en facilitant le dépôt du précipité par la simple exposition à l'air. Suivant ce chimiste, l'eau découlant des toîts, après un certain tems de continuation de pluie, ne contient qu'un peu de sulfate de chaux dont elle s'est chargée en touchant les enduits des cheminées, les cordons de faîtages et les arêtiers (1).

Si les pierres météoriques se formoient réellement dans l'atmosphère, il y auroit lieu de s'attendre à trouver dans l'eau de pluie une plus grande proportion de corps étrangers dans certaines saisons que dans d'autres ; et il seroit possible qu'on obtînt quelques lumières sur les décompositions qui s'opèrent dans l'atmosphère en examinant les substances solides que laisse l'évaporation de l'eau de pluie.

[*Eau de source.*] 2. L'eau des sources ou des fontaines n'est autre chose que l'eau de pluie qui, après avoir insensiblement filtré à travers la terre, se rassemble à l'extrémité de quelque pente, au fond de quelque cavité, et de là se fait jour à la surface. Cette eau est donc aussi pure que celle de pluie lorsqu'elle n'a pas rencontré sur son passage à travers le sol quelque corps soluble ou autre; mais comme cela

(1) Ann. de chim. XXIV. 321.

arrive presque toujours, il s'ensuit qu'on trouve généralement dans les eaux de sources, même dans la plus pure de ces eaux, un peu de carbonate de chaux et de muriate de soude, outre la proportion ordinaire d'air, et de gaz acide carbonique. Il est quelquefois aussi des eaux de sources qui contiennent du muriate de chaux ou un peu de carbonate de soude (1). M. Henry ayant dépouillé d'air de l'eau de source par l'ébullition, trouva que sur cent parties de l'eau, il y en avoit 4.76 de gaz qu'il reconnut être un mélange de 3.38 parties d'acide carbonique et de 1.38 d'air atmosphérique (2). Bergman s'assura que les eaux de sources des environs d'Upsal, qui passent pour être excessivement pures, contiennent en substances étrangères; savoir :

1. Du gaz oxigène.
2. De l'acide carbonique.
3. Du carbonate de chaux.
4. De la silice.
5. Du muriate de soude.
6. Du sulfate de potasse.
7. Du carbonate de soude.
8. Du muriate de chaux.

La totalité de ces substances réunies s'élevoit aux 0.00004 de l'eau, et pour chacune d'elles dans les proportions suivantes.

(1) Bergman. I. 88.
(2) Nicholson's *Jour.* V. 237.

Carbonate de chaux..	5.0	Muriate de chaux..	0. 5
Muriate de soude...	3.0	Sulfate de potasse..	0.25
Silice.............	0.5	Carbonate de soude.	0.25

[*Eau de rivière.*] On peut considérer les eaux de rivières comme n'étant que la réunion des eaux de sources et de pluie, et, par conséquent comme étant pour l'ordinaire au moins aussi pures. Elles le sont en effet davantage lorsqu'elles coulent rapidement et sur un fond de sable siliceux, parce qu'en abandonnant dans leur mouvement tout ce qui n'y étoit que mécaniquement suspendu, elles ne retiennent avec la proportion ordinaire d'air et de gaz acide carbonique, qu'une très-petite quantité de chaux carbonatée et de muriate de soude. Lorsque le lit des rivières est argileux, leur eau est ordinairement de couleur opale, à raison des particules d'argile qu'elle tient en suspension.

[*Eau de puits.*] 3. On entend par eau de puits celle qu'on rassemble en creusant dans la terre des fosses profondes, qui n'est pas en quantité suffisante pour s'écouler par dessus l'ouverture, mais qu'on en peut obtenir en abondance en l'y puisant. Cette eau est essentiellement la même que celle de source, puisqu'elle a la même origine, mais elle est plus susceptible

de s'imprégner des substances étrangères du sol, à raison de ce qu'elle le traverse plus lentement par filtration ou qu'elle y reste en stagnation. C'est par cette raison que l'eau de puits se trouve être souvent de cette qualité particulière qu'on désigne par la dénomination d'*eau dure* ou *crue*, parce qu elle ne dissout pas le savon, et qu'elle n'est pas propre à la préparation de plusieurs espèces d'alimens. Cette qualité particulière de l'eau de puits résulte de la grande proportion de sels terreux qu'elle tient en dissolution. Ces sels terreux, parmi lesquels le sulfate de chaux se trouve le plus ordinairement, ont la propriété de décomposer le savon. Leur acide s'unit avec l'alcali du savon, tandis que la base terreuse forme avec l'huile un savon insoluble dans l'eau qui enveloppe le savon, et le rend gras au toucher. On peut, en général, détruire dans les eaux de puits cette propriété en y versant une dissolution de carbonate alcalin. M. Sennebier a fait voir que l'eau de puits contient ordinairement une plus grande proportion d'acide carbonique que celle de source ou de rivière.

[*Eau des lacs.*] 4. L'eau des lacs n'est autre chose qu'une réunion des eaux de pluie, de source et de rivière. Elle contient, en conséquence précisément les mêmes sels hétérogènes;

mais cette eau est rarement aussi transparente que celle de rivière, parce qu'elle est habituellement salie par des résidus de substances animales et végétales, dont la putréfaction s'y est opérée. Et, en effet, l'état le plus ordinaire de l'eau des lacs, qui est souvent à-peu-près stagnante, loin de s'opposer à la putréfaction de ces corps, contribue plutôt à la faciliter; tandis que dans l'eau de rivière dont le mouvement est continuel, il ne se produit point de putréfaction. C'est à cette cause que sont dus l'aspect glaireux et la couleur brunâtre qui distinguent souvent l'eau des lacs.

L'eau des *marais* contient encore une plus grande proportion de substances animales et végétales que celle des lacs, parce qu'elle est entièrement stagnante. L'eau de mousse est fortement imprégnée de ceux des corps végétaux qui constituent les mousses, et elle contient aussi habituellement du fer.

CHAPITRE II.

De l'eau de mer.

L'océan est le grand réservoir où vient se vider l'eau des lacs et des rivières. Elle en est ensuite élevée, par évaporation, sous la forme de cette humidité qui, retombant en pluie sur la terre, la fertilise et supplée à la déperdition des sources et des rivières. Cette circulation constante devrait naturellement porter à croire *à priori* que les eaux de l'océan ne diffèrent pas beaucoup de celles des rivières et des lacs : mais rien ne seroit plus erroné qu'une semblable conséquence, car l'eau de mer, comme tout le monde sait, diffère matériellement de l'eau ordinaire dans sa saveur, sa pesanteur spécifique et dans d'autres propriétés. Elle contient une proportion beaucoup plus grande de matière saline, et particulièrement de muriate de soude de laquelle on le retire ordinairement. Et, en effet, si l'eau de la mer n'étoit pas ainsi imprégnée de ces substances salines, la putréfaction de la masse immense de matières animales et végé-

tales qui s'y trouvent rassemblées, deviendrait promptement fatale à tous les habitans de la terre.

[*Quantité d'eau de mer.*] La profondeur moyenne de la mer n'étant pas connue, on ne peut pas déterminer la quantité absolue d'eau qu'elle contient. Il a été démontré par M. de Laplace qu'il faut au moins une profondeur d'environ deux myriamètres pour faire cadrer la hauteur à laquelle on sait que les marées s'élèvent dans le principal océan avec la théorie de Newton sur les marées (1); et dans cette supposition, la quantité d'eau que renferme l'océan doit être immense; car en admettant même que cette profondeur moyenne n'excédât pas 400 mètres, son contenu solide, en considérant sa surface comme formant les 0.75 de celle de la terre, seroit d'environ cent trente-trois mille myriamètres cubes.

[*Ses propriétés.*] L'eau de mer est d'une saveur amère très-désagréable, au moins lorsqu'elle est prise à sa surface, ou près du rivage; mais celle qu'on en retire à de grandes profondeurs n'est que salée (2); d'où l'on voit que l'amertume de sa saveur est due aux substances

(1) Mém. part. 1776, p. 213.
(2) Bergman. I. 180.

animales et végétales qui y sont accidentellement mêlées près de sa surface. La pesanteur spécifique de l'eau de mer varie de 1.0269 à 1.0285 (1). Elle ne gèle qu'à environ 34° (2) au-dessous de zéro de l'échelle centigrade.

[*Substances salines*.] Il a été reconnu par les expériences de divers chimistes, et spécialement (3) par celles de Bergman, que les sels tenus en dissolution dans l'eau de mer, indépendamment des substances végétales et animales qui s'y trouvent mêlées, sont les muriates de soude et de magnésie, les sulfates de magnésie et de chaux. Ces sels y sont ensemble dans la proportion des 0.036 environ. Bergman trouva que de l'eau prise par le docteur Sparman, près les Canaries, à environ 110 mètres de profondeur, en contenoit à-peu-près 0.041 ; et il s'assura que l'eau, à la profondeur de 110 mètres, ne contient que des muriates de soude et de magnésie et du sulfate de chaux, et que ces substances y sont dans les proportions, savoir :

30.911	Muriate de soude.
6.222	Muriate de magnésie.
1.000	Sulfate de chaux.

(1) Bladh, Kirwan's *Geological Essays*, p. 355.

(2) Nairne, Phil. Trans. 1776, 1re. part.

(3) Monnet, Lavoisier, Beaumé.

Lavoisier obtint de l'analyse qu'il fit de 10000 parties d'eau de mer prise à l'ouest de Dieppe.

1375	Muriate de soude.
256	Muriate de chaux et de magnésie.
156	Muriate de magnésie.
87	Chaux.
84	Sulfate de soude et de magnésie.
1958	

Ce qui constitue presque les 0.20 de substances salines ; mais cette proportion (1) est évidemment excessive. Je ne l'ai trouvée être que des 0.033 dans l'eau du détroit ; mais dans toutes les analyses d'eau de mer que j'ai faites, j'y ai toujours reconnu, outre les sels indiqués par Bergman, la présence du sulfate de magnésie et en proportion considérable.

Il résulte de tous les essais qui ont été faits sur l'eau de l'océan, que la proportion des substances salines qu'elle contient varie peu, quelle que soit la latitude à laquelle on la prend ; lord Mulgrave reconnut que cette proportion étoit dans de l'eau prise aux diverses latitudes nord, de 80, 74 et 60°; et à 110 mètres de profondeur sous glace, de 0.0354, 0.036, et 0.034.

(1) Mém. part. 1772.

Pagès trouva que l'eau de mer prise aux 45 et 39° de latitude nord, contenoit également les 0.04 de substances salines, et Beaumé en reconnut exactement les mêmes proportions par l'analyse qu'il fit de l'eau prise par Pagès au 34[me]. et au 14[me]. degré de latitude nord. Dans les latitudes méridionales, Pagès obtint de ses divers essais, pour connoître les proportions des matières salines, les résultats suivans, savoir :

Latitudes.	Matières salines.
49°.50	0.0416
46.00	0.045
40.30	0.04
25.54	0.04
20.00	0.039
1.16	0.035

Il paroît, d'après les expériences de Bladh, sur la pesanteur spécifique de l'eau de mer, à diverses latitudes, que cette eau contient plus de sel aux tropiques que vers l'équateur.

Si l'on connoissoit le rapport qui existe entre la quantité des substances salines contenues dans l'eau de mer et sa pesanteur spécifique, il seroit facile de déterminer dans tous les cas la proportion de ces matières : car il suffiroit alors de chercher la pesanteur spécifique de

l'eau qu'on veut examiner. On parviendroit à établir ce rapport par une suite d'expériences qui consisteroient à dissoudre dans de l'eau pure des quantités différentes des sels que contient l'eau de mer, et dans les mêmes proportions qu'ils y existent respectivement, et à s'assurer de la pesanteur spécifique de chaque dissolution ainsi composée. Le docteur Watson a formé une table de ce genre en ce qui concerne le muriate de soude; et comme celui dont il se servoit n'étoit pas parfaitement pur, et qu'il contenoit un mélange des différens sels qu'on rencontre ordinairement dans l'eau de mer, on peut considérer cette table comme une d'indication très-approximative de la proportion des substances salines existantes dans l'eau de mer. Nous avons cru en conséquence devoir l'insérer ici (1).

(1) Watson's *Chemical Essays*. V. 91.

PROPORTION du sel.	PESANTEUR spécifique.	PROPORTION du sel.	PESANTEUR spécifique.
0.0	1.000	0.035	1.020
0.50	1.206	0.033	1.019
0.25	1.160	0.031	1.015
0.20	1.121	0.027	1.014
0.166	1.107	0.025	1.013
0.142	1.096	0.023	1.012
0.125	1.087	0.020	1.009
0.111	1.074	0.018	1.007
0.083	1.059	0.017	1.006
0.071	1.050	0.013	1.005
0.066	1.048	0.012	1.004
0.062	1.045	0.009	1.003
0.055	1.040	0.008	1.0029
0.047	1.032	0.007	1.0023
0.041	1.029	0.006	1.0018
0.037	1.027	0.005	1.0017
0.035	1.025	0.0019	1.0014
0.033	1.024	0.0011	1.0008
0.031	1.023	0.0009	1.0006

Cette table fut calculée à une température de 7 à 12° centigrades, mais Kirwan en a réduit une partie à la température de 16°.66 centig., afin de la comparer avec les pesanteurs spécifiques de l'eau de mer prise à cette température, ou au moins qui y a été amenée; et les pesanteurs spécifiques qu'il a ainsi obtenues sont comme il suit, savoir:

Proportion du sel.	Pesanteur spécifique à 16°.66 centig.
0.041	1.0283
0.040	1.0275
0.038	1.0270
0.037	1.0267
0.035	1.0250
0.033	1.0233
0.025	1.0185
0.022	1.0133
0.016	1.0105
0.009	1.0040
0.006	1.0023

Au moyen de cette table, on pourra connoître la proportion des substances salines contenues dans l'eau de mer des diverses parties des océans atlantique et indien, d'après la table suivante de la pesanteur spécifique de l'eau de différentes parties de ces mers, formée par Bladh, et réduite par Kirwan à la température de 16°.66 centig. (1).

(1) Kirwan's *Geol. Essays*, p. 350.

Pesanteur spécifique de l'eau de mer en différens lieux.

LATITUDE.	LONGITUDE (1).	PESANTEUR SPÉCIFIQUE à 16°.66 centig.
Nord.	Orientale.	
59°.39′	8°.48′	1.0272
57.18	18.48	1.0269
	Occidentale.	
57.01	1.22	1.0272
54.00	4.45	1.0271
44.32	2.04	1.0276
	Orientale.	
44.07	1	1.0276
40.41	0.30	1.0276
34.40	1.18	1.0280
29.50	0.00	1.0281
	Occidentale.	
24.00	2.32	1.0284
18.28	3.24	1.0281
16.36	3.37	1.0277
14.56	3.46	1.0275
10.30	3.49	1.0272
5.50	3.28	1.0274
2.20	3.26	1.0271
1.25	3.30	1.0273
Sud.		
0.16	3.40	1.0277
5.10	6.00	1.0277
10.00	6.05	1.0285
14.40	7.00	1.0284
20.06	5.30	1.0285
25.45	2.22	1.0281
	Orientale.	
30.25	7.12	1.0279
37.37	68.13	1.0276

(1) La longitude est comptée ici de Ténérife.

On voit par cette table, en la comparant à celle qui précède, que c'est entre la latitude du 10me. au 20me. degré de latitude sud que l'eau de l'Océan contient le plus de sel, la proportion s'en élevant à plus des 0.041. Cette proportion est bien moindre dans l'espace compris entre les 18me. et 34me. degrés de latitude nord ; et, à l'équateur, elle est de près des 0.04. C'est à la latitude nord de 57° que l'eau de la mer contient le moins de substances salines, puisque la proportion en excède de très-peu les 0.037.

Les expériences de Wilcke nous apprennent que les eaux de la mer Baltique contiennent beaucoup moins de sel que celles de l'Océan ; que la proportion des substances salines y augmente par un vent d'ouest, et encore plus par un vent de nord-ouest. La pesanteur spécifique de l'eau de la mer Baltique prise par Wilcke dans ces différentes circonstances et ramenée par Kirwan à la température de 16°.66, est ainsi qu'il suit :

Pesanteur spécifique.	
1.0039	Vent à l'est.
1.0067	*Idem* à l'ouest.
1.0118	Tempête d'ouest.
1.0098	Vent au nord-ouest.

Il en résulte que la proportion du sel dans l'eau de la mer Baltique n'est que des 0.009 lorsque c'est le vent d'est qui domine, et que cette proportion est doublée par une tempête d'ouest, ce qui prouve non-seulement que la salure de l'eau de la Baltique provient de l'Océan qui l'avoisine, mais encore que les tempêtes ont un beaucoup plus grand effet qu'on ne l'avoit supposé sur les eaux de l'Océan (1). Les eaux des mers Noire et Caspienne sont, s'il en faut croire Tournefort, moins salées que celles de l'Océan (2) : mais il est probable que la salure des eaux de la Méditerranée est au moins égale à celle des eaux de l'Atlantique.

L'eau de la *mer morte* diffère extrêmement de l'eau de mer ; sa pesanteur spécifique est de 1.2403 ; elle est saturée de sel dont elle ne contient pas moins des 0.444. Elle est composée, suivant l'analyse de Lavoisier, de

55.60	Eau.
38.15	Muriate de chaux et de magnésie.
6.25	Muriate de soude.
100 (3)	

(1) Kirwan's *Geological Essays*, p. 353.

(2) Tournefort, *Voyages*. II. 410.

(3) Mém. part. 1778, p. 69.

L'eau de ce lac doit donc être distinguée de l'eau de mer, et l'on pourroit convenablement la ranger parmi les eaux *minérales*.

CHAPITRE III.

Des eaux minérales.

On a désigné par la dénomination d'*eaux minérales* toutes les eaux qui diffèrent de celle ordinaire par une odeur particulière, par leur saveur, leur couleur, etc., et qui, à raison de ces propriétés ne peuvent servir aux usages de l'économie domestique. On rencontre plus ou moins fréquemment les eaux minérales formant dans différentes parties de la terre des puits, des sources ou des fontaines. Leur température est quelquefois la même que celle du sol qu'elles traversent; d'autres fois elles sont chaudes, et même dans quelques cas, jusqu'au degré de l'ébullition. Beaucoup de ces sources minérales fixèrent l'attention dès les premiers âges, et elles furent recherchées par les personnes affligées de maladies, pour en faire usage comme remède, soit intérieurement,

soit à l'extérieur. Mais ce ne fut que vers la fin du dix-septième siècle qu'on essaya de reconnoître la composition de ces eaux, ou de découvrir quelles pouvoient être les substances d'où dérivoient leurs propriétés.

On peut considérer M. Boyle comme étant le premier qui ait indiqué la manière d'examiner l'eau : il y constata d'abord l'existence de l'air, et proposa un certain nombre de moyens d'essai à l'aide desquels on put établir des conjectures relativement aux substances salines tenues en dissolution dans l'eau examinée. Dominique Duclos ayant entrepris, en 1665, l'analyse des eaux minérales de France, il y employa presque tous les réactifs recommandés par Boyle, en y en ajoutant également lui-même plusieurs autres. En 1680, Hierne publia une suite d'expériences sur les eaux minérales de Suède. Bientôt après de nombreux perfectionnemens furent introduits dans l'art de l'analyse des eaux par Régis, Didier, Burlet et Homberg ; et en 1726 Bouldoc conseilla le moyen de précipiter par l'alcool plusieurs des substances salines contenues dans l'eau. Mais ce ne fut qu'après la découverte de l'acide carbonique par le docteur Black, qu'on commença à faire de grands progrès dans la recherche de la composition

des eaux minérales. Les premiers chimistes qui s'occupèrent de cet objet avoient été arrêtés dans leurs travaux par la présence de cet acide subtil qui existe si fréquemment dans les eaux, et qui agit comme dissolvant à l'égard de beaucoup de terres, et même de substances métalliques. Mais la nature de cet acide ayant été reconnue, l'art de l'analyse des eaux minérales marcha à grands pas vers son plus grand degré de perfectionnement; et la savante dissertation de Bergman sur ce sujet, publiée en 1778, y contribua principalement. Depuis cette époque, les travaux de Gioanetti, Black, Klaproth, Westrumb, Fourcroy, Brezé, Kirwan et de beaucoup d'autres chimistes distingués, ont encore successivement ajouté de nouveaux moyens à ceux déja acquis; de sorte que malgré la difficulté du sujet, il n'est peut-être pas de branche de la chimie qui ait fait plus de progrès, ou qui ait été poussée plus loin que celle de la connoissance des eaux minérales.

[*Substances qu'on y a découvertes.*] On peut évaluer à 38 le nombre des différentes substances dont on a jusqu'à présent reconnu la présence dans les eaux minérales, et toutes ces substances peuvent se réduire aux quatre principales divisions suivantes.

1. L'air et ses parties composantes, l'oxigène et le gaz azote. 2. Les acides. 3. Les alcalis et les terres. 4. Les sels.

[I. *Air.*] 1. L'air existe dans la plupart des eaux minérales; sa proportion n'y excède pas les 0.0357 du volume de l'eau.

2. Ce fut Schéele qui reconnut le premier la présence du gaz oxigène dans les eaux minérales. Il y est ordinairement en petite quantité, et il ne peut s'y trouver en même tems avec le gaz hydrogène sulfuré ou le fer.

3. Le docteur Pearson découvrit pour la première fois le gaz azote dans l'eau de Buxton. Il fut trouvé depuis par le docteur Garnet dans les eaux de Harrowgate, et par M. Lambe dans celles de Lemington.

[II. *Acides.*] Parmi les acides, on n'en a encore trouvé que quatre existant à nu dans les eaux, ce sont les acides carbonique, sulfurique, boracique, et le gaz hydrogène sulfuré.

1. Ce fut le docteur Brownrigg qui signala le premier la présence de l'acide carbonique dans les eaux de Pyrmont. C'est l'ingrédient le plus ordinaire des eaux minérales; cent parties d'eau contiennent généralement de six à quarante parties de ce gaz acide. Suivant Westrumb, cette proportion du gaz acide carbonique dans l'eau de Pyrmont est de 187

parties sur 100 d'eau, ou de presque le double du volume de l'eau.

2. On a trouvé l'acide sulfureux dans plusieurs eaux minérales chaudes d'Italie qui sont dans le voisinage des volcans.

3. On a remarqué la présence de l'acide boracique dans quelques lacs en Italie.

4. Le gaz hydrogène sulfuré constitue l'ingrédient le plus remarquable de celles des eaux minérales qu'on distingue par la dénomination d'*hépatiques* ou *sulfureuses*.

[III. *Alcalis et Terres.*] La soude est le seul alcali pur non combiné qu'on ait jusqu'à présent rencontré dans les eaux minérales, de même que la silice et la chaux sont les seuls corps terreux qu'on en ait retirés.

1. Le docteur Black trouva la soude à nu dans les eaux minérales chaudes de Geyzer et de Rykum en Islande, mais le plus généralement la soude est combinée avec l'acide carbonique.

2. Bergman observa le premier la présence de la silice dans les eaux. Elle fut reconnue depuis par Black dans les eaux minérales de Geyzer et de Rykum, et dans celles de Carlsbad par Klaproth. Hassenfratz la trouva dans les eaux de Pougues, et Brézé dans celles de Lu.

On en a obtenu de beaucoup d'autres eaux minérales.

3. On a annoncé l'existence de la chaux non combinée dans quelques eaux minérales, mais cette assertion n'a été confirmée par aucune expérience exacte.

[IV. *Sels.*] Parmi les sels il ne s'est jusqu'à présent rencontré dans les eaux minérales que les *sulfates*, *nitrates*, *muriates*, *carbonates*, et les *hydrosulfures* dont l'énumération suit :

SAVOIR :

1.	Sulfates.....	de soude.
2.	———	d'ammoniaque.
3.	———	de chaux.
4.	———	de magnésie.
5.	———	d'alumine.
6.	———	de fer.
7.	———	de cuivre.
8.	Nitrates.....	de potasse.
9.	———	de chaux.
10.	———	de magnésie.
11.	Muriates....	de potasse.
12.	———	de soude.
13.	———	d'ammoniaque.
14.	———	de barite.
15.	———	de chaux.
16.	———	de magnésie.
17.	———	d'alumine.
18.	———	de manganèse.

19.	Carbonates...	de potasse.
20.	———	de soude.
21.	———	d'ammoniaque.
22.	———	de chaux.
23.	———	de magnésie.
24.	———	d'alumine.
25.	———	de fer.
26.	Hydrosulfures	de chaux.
27.	———	de potasse.

Et aussi le borax.

De ces divers genres de sels, les carbonates et les muriates sont ceux que les eaux minérales contiennent le plus fréquemment et le plus abondamment; ce sont les nitrates qu'on y rencontre le plus rarement.

1. Le sulfate de soude existe ordinairement dans les eaux minérales, et spécialement dans celles qu'on distingue par la dénomination d'*eaux salées*.

2. Le sulfate d'ammoniaque se trouve dans les eaux minérales qui sont dans le voisinage des volcans.

3. Le sulfate de chaux est extrêmement commun dans l'eau. Sa présence semble y avoir été reconnue pour la première fois par le docteur Lister, en 1682.

4. Le sulfate de magnésie existe presque toujours dans celles des eaux minérales qui ont

les propriétés purgatives. Il fut découvert dans les eaux d'Epsom en 1610, et en 1696 le docteur Grew publia un traité à ce sujet.

5. Le sulfate acide d'alumine et de potasse se trouve quelquefois dans les eaux minérales, mais en général il est très-rare qu'elles en contiennent.

6 et 7. Le sulfate de fer se rencontre quelquefois dans les eaux minérales volcaniques. On l'a même observé dans les eaux minérales d'autres lieux. Mais le sulfate de cuivre ne se trouve que dans les eaux qui découlent des mines de cuivre.

8. On a retiré du nitrate de potasse de quelques sources de la Hongrie; mais il est extrêmement rare de le rencontrer dans les eaux minérales.

9. Le docteur Home d'Edimbourg reconnut le premier, en 1756, la présence du nitrate de chaux dans l'eau. On assure qu'il existe dans quelques sources des déserts sablonneux de l'Arabie.

10. On assure avoir trouvé le nitrate de magnésie dans quelques sources.

11. Le muriate de potasse se rencontre rarement dans les eaux. Il a été dernièrement découvert par Julin dans les sources minérales d'Uhleaborg, en Suède.

12. Le muriate de soude est si excessivement commun dans les eaux minérales, qu'il est difficile de faire l'analyse d'une seule source sans y découvrir la présence de ce sel.

13. Le muriate d'ammoniaque existe rarement dans les eaux minérales. On l'a trouvé dans quelques sources en Italie et en Sibérie.

14. Le muriate de barite y est plus rare encore; mais Bergman en a annoncé la présence dans des eaux minérales.

15 et 16. Les muriates de chaux et de magnésie sont des ingrédiens ordinaires des eaux minérales.

17. Le docteur Withering a trouvé du muriate d'alumine dans des eaux, mais il y est très-rare.

18. Bergman a parlé du muriate de manganèse comme se rencontrant quelquefois dans des eaux minérales. M. Lambe l'a dernièrement observé dans les eaux de Lemington, mais dans une proportion extrêmement limitée.

19. Plusieurs chimistes ont annoncé la présence du carbonate de potasse dans les eaux minérales. Si elle y a lieu, en effet, ce doit être en bien petite proportion.

20. Le carbonate de soude est peut-être, après le muriate de soude et le carbonate de

chaux, l'ingrédient le plus commun dans les eaux minérales.

21. On a trouvé du carbonate d'ammoniaque dans les eaux; mais il est très-rare qu'elles en contiennent.

22. Le carbonate de chaux existe dans presque toutes les eaux où il est ordinairement tenu en dissolution par un excès de son acide. Il résulte d'expériences de différens chimistes, rapportées par Kirwan, et spécialement de celles de Berthollet, que de l'eau saturée d'acide carbonique peut tenir en dissolution 0.002 de carbonate de chaux. Or l'eau saturée d'acide carbonique à la température de 10° centig. contient près des 0.002 de son poids de cet acide; donc lorsqu'il existe dans l'eau assez d'acide carbonique pour la saturer, cet acide est susceptible de dissoudre une quantité égale à son propre poids de carbonate de chaux. Il en résulte que dans mille parties en poids d'une eau contenant deux parties d'acide carbonique, il peut être tenu en dissolution deux parties de carbonate de chaux. Si on augmente la proportion de l'eau, elle n'en est pas moins capable de tenir le carbonate de chaux en dissolution lors même que la proportion de l'acide carbonique qui y est uni est diminuée : ainsi 24000 parties d'eau peuvent dissoudre deux

parties de carbonate de chaux, lors même qu'il n'y a dans cette quantité d'eau qu'une partie d'acide carbonique. Plus la proportion d'eau devient considérable, moins il faut d'acide carbonique pour tenir la chaux en dissolution, et cet effet finit par être produit sans excès sensible de cet acide lorsque la proportion de l'eau est augmentée à un certain point. Il faut remarquer aussi que l'eau, quelque petite que puisse être la quantité d'acide carbonique qu'elle contient, est capable de dissoudre le carbonate de chaux, pourvu que le poids de cet acide présent excède celui de la chaux (1).

Ces observations s'appliquent également à tous les autres carbonates terreux tenus en dissolution dans les eaux minérales.

23. Le carbonate de magnésie existe aussi très-fréquemment dans les eaux minérales, et il y est presque toujours accompagné de carbonate de chaux.

24. On dit avoir trouvé dans ces eaux le carbonate d'alumine, mais sa présence n'y a pas été convenablement constatée.

25. Le carbonate de fer est très-commun dans les eaux minérales, et c'est le principal

---

(1) Kirwan's *on Mineral Waters*, p. 15.

ingrédient de celles qu'on désigne sous la dénomination d'eaux *ferrugineuses*.

26 et 27. On a souvent rencontré les hydrosulfures de chaux et de soude dans celles des eaux minérales qu'on appelle sulfureuses ou hépatiques.

28. Le borax existe dans les eaux de quelques lacs de la Perse et du Thibet, mais on n'a pas examiné la nature de ces eaux (1).

[V. *Matières végétales et animales.*] Outre ces matériaux divers des eaux minérales, on y a encore observé par fois certaines substances végétales et animales; mais dans la plupart des cas on les y considère plutôt comme mélanges accidentels que comme parties réellement composantes.

L'énumération que nous venons de faire peut nous donner une idée assez exacte des principes qui minéralisent les eaux; mais elle ne suffit pas pour nous faire connoître la nature de ces liquides ainsi composés. Il n'existe point d'eaux minérales qui contiennent à la fois toutes ces substances. Il s'y en trouve rarement plus de cinq ou six ensemble, et il arrive à peine jamais que leur nombre excède celui de

(1) Kirwan's *on Mineral Waters*, p. 8, etc.

huit ou dix. La proportion de ces diverses substances y est aussi généralement peu considérable, et dans beaucoup de cas elles y sont en quantité extrêmement petite. C'est donc sur la distinction des substances qui se trouvent le plus habituellement réunies dans les eaux minérales, et sur la détermination de leur proportion, qu'il faut établir la recherche de la nature de ces eaux. Dans la plupart des eaux minérales, il est ordinairement quelque substance qui, à raison de sa plus grande proportion, ou de son activité plus énergique, imprime pour ainsi dire à l'eau son caractère, et lui donne celle de ses propriétés qui la fait le plus facilement distinguer. C'est sur la présence de cette substance dans l'eau qu'il faut principalement porter toute son attention, puisque les autres corps qu'elle contient en plus petite proportion peuvent varier sans qu'il en résulte aucun changement sensible dans sa nature.

[*Eaux minérales divisées en quatre classes.*] Considérées sous ce point de vue, les eaux minérales doivent être classées d'après la substance particulière qui y domine, et l'on peut en conséquence les partager dans les quatre classes suivantes, savoir :

1. Eaux acidules.
2. Eaux ferrugineuses.
3. Eaux hépatiques.
4. Eaux salines.

[1. *Acidules.*] Les eaux acidules sont celles où l'acide carbonique domine. On les distingue aisément à leur saveur piquante et à leur pétillement analogue à celui du vin de Champagne lorsqu'on en verse dans un verre; elles contiennent presque toujours du muriate de soude, et, en général aussi, une plus ou moins grande proportion de carbonates terreux.

[2. *Ferrugineuses.*] Le fer est le principe minéralisateur dominant dans les eaux ferrugineuses ; elles se distinguent facilement par la propriété qu'elles ont de précipiter en noir avec la teinture de noix de galle. Le fer y est ordinairement tenu en dissolution par l'acide carbonique. Il arrive très-souvent que cet acide est en excès, alors les eaux sont non-seulement ferrugineuses, mais encore acides, telles que celles de Spa et de Pyrmont, etc. Dans quelques cas le fer y est à l'état de sulfate, mais ces exemples sont rares. On peut reconnoître facilement les eaux qui contiennent le sulfate de fer par la propriété qu'elles ont de continuer à précipiter en noir avec la teinture de noix de galle, après même qu'on les a fait bouillir et qu'elles ont été filtrées, tandis que

par l'ébullition le carbonate de fer se décompose et sa base se précipite.

[3. *Hépatiques.*] Les eaux hépatiques ou sulfureuses sont celles qui contiennent du gaz hydrogène sulfuré. Ces eaux se reconnoissent facilement à l'odeur de gaz hydrogène sulfuré qu'elles exhalent, et à la propriété qu'elles ont de noircir l'argent et le plomb. La nature des eaux de cette classe embarrassa pendant longtems les chimistes. Quoique souvent elles déposent spontanément du soufre, on ne pouvoit trouver les moyens de l'en séparer. Bergman parvint enfin à découvrir la cause de la dissolubilité du soufre en reconnoissant dans ces eaux la présence du gaz hydrogène sulfuré. Elles sont de deux espèces ; celles qui ne sont chargées que d'hydrogène sulfuré non-combiné, et celles dans lesquelles cette substance se trouve à l'état d'union avec la chaux ou avec un alcali. Souvent aussi ces eaux sont imprégnées d'acide carbonique, et tiennent ordinairement en même tems quelques muriates ou sulfates.

[4. *Salines.*] On nomme eaux salines celles dont les principes prédominans sont des sels, et qui ne contiennent comparativement que peu de fer ou d'acide carbonique. On peut diviser les eaux de cette espèce en quatre ordres

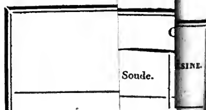
différens, suivant la nature du sel qui y domine. Le premier se compose des eaux qui contiennent des sels à base de chaux, et qui sont généralement le carbonate ou le sulfate de cette terre. On les connoît sous le nom d'eaux dures : elles n'ont qu'une légère saveur désagréable. Les eaux du second ordre sont celles où le muriate de soude est en excès ; on les reconnoît généralement à leur saveur salée ; et, comme l'eau de mer, elles tiennent habituellement des sels magnésiens et calcaires. Dans celles du troisième ordre, c'est le sulfate de magnésie qui prédomine ; elles ont une saveur amère et sont purgatives. Enfin le carbonate de soude, plus abondant que les autres sels, forme les eaux alcalines qui composent le quatrième ordre. On les distingue aisément par la propriété qu'elles ont de changer en vert les couleurs bleues végétales.

Tel est l'exposé succinct des différentes classes d'eaux minérales. Il ne pouvoit entrer dans le plan de cet ouvrage d'y présenter une description particulière de chacune d'elles; mais on aura des notions suffisamment exactes sur les sels qui s'y trouvent le plus ordinairement réunis, et sur les proportions de chacun d'eux, au moyen de la table ci-jointe, qui offre

372 A

5.7.332

Digitized by Google


Table syun n ar
Soude.
ÉSINE.

sous un point de vue synoptique les parties composantes d'un nombre considérable d'eaux minérales, d'après les analyses qui en ont été faites par différens chimistes.

CHAPITRE IV.

De la méthode d'analyse des eaux.

L'analyse des eaux, ou l'art de reconnoître les différentes substances qui y sont tenues en dissolution, et de déterminer la proportion de ces substances, est un des objets qui présentent le plus de difficultés dans la pratique de la chimie. Elles proviennent, ces difficultés, non-seulement de la grande diversité de corps qui se rencontrent dans les eaux, mais encore de ce que quelques-uns de ces corps y sont en quantités extrêmement peu considérables. Quoiqu'on eût fait beaucoup d'essais d'analyse d'eaux particulières, et que plusieurs eussent été dirigés de la manière la mieux entendue, ce ne fut cependant qu'en 1778, par le Traité que Bergman publia sur ce sujet et qui le porta tout d'un coup à un très-haut degré de perfection, qu'on eut connoissance d'un mode général d'analyse des eaux.

La méthode de Bergman a été suivie par les chimistes, et il en est résulté non-seulement un grand nombre d'analyses d'eaux minérales

très-exactes, mais encore aussi plusieurs perfectionnemens dans la manière de conduire l'analyse.

Kirwan a donné, en 1799, un Essai sur l'analyse générale des eaux, non moins important que le traité de Bergman. Cet Essai embrassoit tout ce qui avoit été fait jusqu'alors sur ce sujet; il étoit, de plus, enrichi d'un grand nombre d'expériences de Kirwan lui-même, aussi intéressantes que faites avec précision. Kirwan a indiqué une méthode nouvelle, qui sera probablement adoptée désormais, non-seulement parce qu'elle est plus courte et plus facile que celle de Bergman, mais encore parce qu'elle est susceptible d'un plus grand degré d'exactitude. Je me propose d'en présenter l'exposé dans ce chapitre.

L'analyse des eaux se réduit à deux objets différens de recherches : 1. La connoissance de tous les corps divers contenus dans l'eau qu'on examine. 2. La détermination de la proportion exacte de chacun de ces corps. Ces deux branches de l'art de l'analyse des eaux seront le sujet des deux sections suivantes.

SECTION PREMIÈRE.

Méthode de recherches des différentes substances dans les eaux.

On découvre la présence des différens corps qui sont dissous et combinés dans l'eau, par l'addition de certaines substances à l'eau soumise à l'examen. Cette addition donne lieu à quelque changement dans l'apparence de l'eau, et ce changement indique la présence ou l'absence des corps qu'on soupçonnoit y exister. On appelle *réactifs*, ces substances ainsi employées comme instrumens de l'analyse des eaux. Ce fut Boyle qui en introduisit d'abord l'usage en chimie, et le nombre en fut successivement augmenté par les chimistes qui vinrent après lui. Mais c'est Bergman qui établit le premier, avec précision, le degré de confiance qu'on peut avoir dans les différens réactifs. Il restoit encore cependant de l'incertitude sur leur emploi, lorsque Kirwan fit voir jusqu'à quel point on pouvoit les arranger et les combiner pour indiquer d'une manière certaine et précise si une substance quelconque est ou n'est pas partie composante de l'eau. Considérons

ici les moyens dont on peut faire usage pour s'assurer de la présence ou de l'absence dans les eaux de tous les corps différens qu'on y trouve.

[I. *Pour les gaz.*] On sépare de l'eau les corps gazeux qu'elle contient en la faisant bouillir dans une cornue adaptée à un appareil pneumatique. On traitera dans la section qui suit du mode de séparation et de l'examen de ces différentes substances.

[II. *L'acide carbonique.*] La présence de *l'acide carbonique* non combiné avec une base, ou combiné en excès, peut se découvrir par les réactifs suivans ; 1. par l'eau de chaux qui produit un précipité soluble avec effervescence dans l'acide muriatique ; 2. par la coloration *en rouge* de l'infusion de tournesol ; mais la couleur rouge disparoît par degrés, et elle peut être rétablie par l'addition d'une plus grande quantité d'eau minérale (1) ; 3. par l'ébullition qui enlève à l'eau la propriété de rougir l'infusion de tournesol.

[III. *Les acides minéraux.*] Les acides

(1) Lorsque l'acide carbonique existe dans l'eau non combiné avec une base, il rougit l'infusion de tournesol, quoique la quantité qui en existe dans l'eau ne s'élève pas à plus des 0.016 de son volume ; lorsqu'étant combiné

minéraux, lorsqu'ils existent à nu dans l'eau, donnent à l'infusion de tournesol une couleur rouge permanente, lors même qu'on a fait bouillir l'eau. Bergman a fait voir que le papier teint de tournesol est rougi lorsqu'on le plonge dans de l'eau qui ne contient qu'environ les 0.0003 d'acide sulfurique.

[IV. *L'hydrogène sulfuré.*] On reconnoît l'eau qui contient du gaz hydrogène sulfuré aux propriétés suivantes : 1. elle exhale l'odeur particulière au gaz hydrogène sulfuré ; 2. elle donne une couleur rouge fugace au papier de tournesol ; 3. elle noircit le papier plongé dans une dissolution de plomb, et précipite en brun ou en noir le nitrate d'argent.

[V. *Carbonates terreux et alcalins.*] La présence des alcalis et des *carbonates alcalins et terreux* se découvre par les indices suivans : 1. La couleur de l'infusion de curcuma ou de papier teint de curcuma est rendue *brune* par les alcalis ; ou d'un rouge brun si la proportion en est peu considérable. Ce changement est produit par la soude lors même que sa quantité dans l'eau ne s'élève qu'aux 0.00045 ; 2. la-

---

avec une base il est en excès, il faut qu'il soit dans l'eau dans la proportion des 0.166 pour produire cet effet. Kirwan's *on Mineral Waters*, p. 35.

couleur de l'infusion de bois de Brésil, ou du papier teint de bois de Brésil est rendue bleue; mais cet effet a également lieu par la présence de carbonates alcalins et des carbonates terreux. Bergman s'est assuré qu'il suffit de 0.0001 de carbonate de soude dans de l'eau pour opérer cette coloration en bleu du bois de Brésil (1); 3. la couleur du papier de tournesol rougi par le vinaigre, est rétablie à celle bleue qui lui est propre. Ce changement est aussi produit par les carbonates alcalins et terreux; 4. lorsque ces changemens sont fugaces, on en peut conclure que l'alcali contenu dans l'eau est l'ammoniaque.

[VI. *Alcalis fixes.*] Les alcalis fixes existent dans l'eau, qui après avoir bouilli, précipite avec le muriate de magnésie. On peut y distinguer la présence de l'ammoniaque à son odeur, ou bien on peut l'obtenir dans le récipient par la distillation ménagée d'une portion de l'eau, et alors on peut l'y reconnoître au moyen des réactifs ci-dessus.

---

(1) L'eau de chaux opère le même changement. Il est inutile d'observer que les alcalis produisent le même effet sur le curcuma, soit qu'ils soient purs ou à l'état de carbonates. Les carbonates terreux n'ont aucune action sur le curcuma.

[VII. *Carbonates terreux et métalliques.*] Les carbonates terreux et métalliques sont précipités en faisant bouillir l'eau qui les contient ; excepté cependant le carbonate de magnésie à l'égard duquel cet effet ne se produit qu'imparfaitement.

[VIII. *Fer.*] On découvre la présence du fer dans les eaux de la manière suivante :

1. La teinture de noix de galle donne une couleur pourpre ou noire à l'eau qui contient du fer. Ce réactif indique la présence de la plus petite portion de fer. Si la teinture ne produit aucun effet sur l'eau après qu'elle a bouilli, tandis qu'elle la coloroit auparavant, on en peut conclure que le fer y est à l'état de carbonate. Les observations suivantes de Westrumb sur la couleur que le fer donne aux noix de galle, lorsqu'elle est modifiée par d'autres corps, méritent attention.

La couleur violette indique la présence d'un carbonate alcalin ou d'un sel terreux.

La couleur pourpre foncée dénote qu'il existe d'autres sels alcalins.

La couleur rouge purpurine annonce la présence du gaz hydrogène sulfuré (1).

---

(1) Ou plutôt du manganèse, suivant Kirwan.

La couleur blanchâtre d'abord, et ensuite noire, signale le sulfate de chaux.

M. Philips a reconnu dernièrement que lorsque le fer est à l'état de protoxide, la présence de la chaux facilite l'effet des noix de galle comme réactif, mais qu'elle les empêche d'agir si le fer est à l'état de peroxide (1). 2. Le prussiate de potasse précipite en bleu l'eau qui contient du fer. S'il existe un alcali dans cette eau, le précipité n'est apparent qu'autant que l'alcali a été saturé par un acide.

[IX. *Acide sulfurique.*] L'acide sulfurique existe dans les eaux qui précipitent avec les dissolutions salines suivantes :

1. Avec les muriate, nitrate ou acétate de barite.
2. Avec les mêmes sels de strontiane.
3. Avec *idem* de chaux.
4. Avec le nitrate ou l'acétate de plomb.

Le plus puissant de ces réactifs est le muriate de barite au moyen duquel on peut découvrir la présence de l'acide sulfurique non combiné, lors même qu'il n'excède pas la millionième partie de l'eau.

Après le muriate de barite, c'est l'acétate de

---

(1) Phil. Mag. XXIV. 349.

Digitized by Google

plomb qui agit le plus fortement; et à cet égard, les muriates ont la supériorité sur les nitrates. Les sels calcaires sont ceux dont l'action est la moins énergique. Tous ces réactifs peuvent indiquer une proportion beaucoup plus petite d'acide sulfurique non combiné, que de cet acide uni à une base (1). Pour rendre certain l'effet du muriate de barite pour l'indication de la présence de l'acide sulfurique, il convient d'observer certaines précautions qui consistent, 1°. à employer le muriate étendu; 2°. à saturer préalablement avec l'acide muriatique les alcalis ou les carbonates alcalins que l'eau pourroit contenir; 3°. le précipité doit être insoluble dans l'acide muriatique; 4°. si on soupçonne qu'il y ait de l'acide boracique dans l'eau, il faut essayer le muriate de strontiane, qui n'est pas précipité par l'acide boracique; 5°. les hydrosulfures précipitent les dissolutions baritiques, mais la présence s'en reconnoît aisément à leur odeur.

[X. *Acide muriatique.*] Le nitrate d'argent indique l'acide muriatique par le précipité ou nuage blanc qu'il occasionne dans l'eau qui contient la plus petite portion de cet acide. Pour assurer l'effet de ce réactif, il faut,

(1) Kirwan's *on Mineral Waters*, p. 65.

1°. que les alcalis ou carbonates alcalins soient préalablement saturés par l'acide nitrique. 2°. Il faut préalablement aussi séparer par le nitrate de barite l'acide sulfurique, s'il est présent. 3°. Le précipité doit être insoluble dans l'acide nitrique.

[XI. *Acide boracique.*] On découvre la présence de l'acide boracique au moyen de l'acétate de plomb avec lequel il forme un précipité insoluble dans l'acide acétique ; mais pour que l'effet de ce réactif soit complet, il faut, avant tout, saturer par l'acide acétique les alcalis et les terres, et séparer par l'acétate de strontiane et l'acétate d'argent les acides sulfurique et muriatique.

[XII. *Barite.*] On reconnoît la barite au précipité blanc insoluble qu'elle forme avec l'acide sulfurique étendu.

[XIII. *Chaux.*] On découvre la chaux par l'acide oxalique qui occasionne un précipité blanc dans l'eau qui contient la plus petite portion de cette terre. Pour que l'effet de ce réactif soit invariable, il faut, 1. saturer préalablement par un alcali les acides minéraux s'il en existe dans l'eau; 2. séparer la barite, s'il y en a, par l'acide sulfurique; 3. l'acide oxalique ne précipite que très-lentement la magnésie, tandis qu'elle produit instantanément cet effet avec la chaux.

[XIV. *Magnésie et alumine.*] On reconnoît la présence de ces terres, 1°. par l'ammoniaque pure qui les précipite l'une et l'autre, mais qui ne produit cet effet à l'égard d'aucune autre terre, pourvu qu'on ait préalablement séparé l'acide carbonique par un alcali minéral, et par l'ébullition. 2°. Par l'eau de chaux qui ne précipite que ces deux terres, lorsqu'on a eu soin de séparer par le moyen du nitrate de barite l'acide carbonique et aussi l'acide sulfurique.

Après que les deux terres ont été précipitées ensemble, on peut séparer l'alumine de la magnésie, soit en faisant bouillir le précipité dans la potasse pure qui dissout l'alumine et laisse la magnésie ; soit en faisant dissoudre le précipité dans l'acide muriatique ; on précipite ensuite la dissolution par un carbonate alcalin, on fait sécher le dépôt à la température d'environ 38° centigrades, et on l'expose alors à l'action de l'acide muriatique étendu qui dissout la magnésie sans toucher à l'alumine.

[XV. *Silice.*] On peut s'assurer si l'eau contient de la silice en en évaporant une portion à siccité, et en dissolvant le précipité dans l'acide muriatique. La silice reste sans avoir été attaquée.

Telle est la méthode à employer pour la

recherche des différentes substances qui se rencontrent ordinairement dans les eaux ; mais comme ces substances diverses y sont presque toujours combinées ensemble de manière à former des sels particuliers, il ne suffit pas de savoir en général quelles sont les substances qui se trouvent dans l'eau qu'on examine ; il faut encore connoître quel est leur état de combinaison. Ce n'est pas assez, par exemple, de s'être assuré que la chaux est un des ingrédiens d'une eau particulière, il faut pouvoir distinguer aussi l'acide auquel elle est unie. Kirwan fit voir le premier comment on pouvoit remplir cet objet à l'aide des réactifs. Nous allons donner ici un court exposé de sa méthode.

[I. *Sulfates.*] *Découverte de la présence des différens sulfates.*

Les sulfates qui se rencontrent dans l'eau sont au nombre de sept ; mais parmi eux il en est un, le *sulfate de cuivre*, qui s'y trouve si rarement qu'on peut se dispenser d'y avoir égard. La même remarque s'applique au sulfate d'ammoniaque. Il paroît inutile d'observer qu'on ne doit rechercher un sulfate dans l'eau, qu'autant qu'on y a préalablement reconnu la présence de son acide et de sa base.

[1. *Sulfates alcalins.*] On peut distinguer

le sulfate de soude en opérant de la manière suivante. On dépouille l'eau à examiner de tous sulfates terreux en l'évaporant jusqu'à moitié, et en y ajoutant ensuite de l'eau de chaux tout aussi longtems qu'il s'y forme du précipité. On aura ainsi séparé toutes les terres de l'eau, à l'exception de la chaux, et par conséquent le seul sulfate terreux qui y restera sera le sulfate de chaux. On retirera de l'eau ce sulfate en évaporant le liquide jusqu'à concentration, en y versant alors un peu d'alcool et en ajoutanten suite un peu d'acide oxalique à la liqueur après l'avoir filtrée.

On mêle avec l'eau, ainsi purifiée, une dissolution de chaux. S'il se forme apparence de précipité soit immédiatement, soit par l'addition d'un peu d'alcool, c'est une preuve que l'eau contient un sulfate de potasse ou de soude. Pour déterminer quel est celui de l'un ou de l'autre de ces deux sels, on fait un mélange d'une portion de l'eau purifiée avec l'acétate de barite. Le sulfate de barite se précipite ; on filtre et on évapore à siccité. En mettant ensuite le résidu en digestion dans l'alcool, ce liquide dissoudra l'acétate alcalin. On évapore la liqueur à siccité. Le sel desséché sera déliquescent si c'est de l'acétate de potasse, et efflorescent si c'est l'acétate de soude.

[2. *Sulfates calcaires.*] On peut obtenir le

sulfate de chaux en évaporant jusqu'à quelques décagrammes l'eau qu'on soupçonne en contenir. Il se manifeste un précipité qui, s'il est un sulfate de chaux, peut se dissoudre dans 500 parties d'eau; et la dissolution précipite avec le muriate de barite, l'acide oxalique, le carbonate de magnésie, et avec l'alcool.

[3. *Alun.*] On découvre l'alun en mêlant du carbonate de chaux avec l'eau qu'on présume devoir le contenir ; s'il se produit un précipité, c'est une indication de la présence de l'alun, ou, au moins, du sulfate d'alumine, pourvu qu'il n'existe point dans l'eau de muriate de barite ou de sulfates métalliques. La présence du premier de ces sels est incompatible avec celle de l'alun; les autres peuvent en être séparés par les prussiates alcalins. Lorsque l'eau est précipitée par le muriate de chaux, le carbonate de chaux et le muriate de magnésie, on en peut conclure qu'elle contient de l'alun ou du sulfate d'alumine.

[4. *Sulfate de magnésie.*] On peut s'assurer de la présence du sulfate de magnésie dans l'eau par l'hydrosulfure de strontiane qui précipite immédiatement avec ce sel, et ne produit cet effet avec aucun autre, pourvu qu'on ait préalablement séparé par le carbonate de chaux, l'alun de l'eau, si elle en contient, et pourvu aussi que

cette eau ne contienne pas d'acide à nu, pas même l'acide carbonique.

[5. *Sulfate de fer.*] Le sulfate de fer est précipité de l'eau par l'alcool, et il est alors facile de le reconnoître à ses propriétés.

II. Découverte de la présence des différens muriates.

[*Muriates.*] Le nombre des muriates qui peuvent exister dans les eaux, s'élève à huit ou à neuf, si on y comprend le muriate de fer. Celui de tous qu'on y rencontre le plus ordinairement est le muriate de soude.

[1. *Muriates alcalins.*] On peut reconnoître les muriates de soude et de potasse de la manière suivante. On sépare l'acide sulfurique par l'alcool et par le nitrate de barite. On décompose les nitrates et les muriates terreux par une addition d'acide sulfurique. On enlève l'excès des acides nitrique et muriatique par la chaleur. On sépare les sulfates formés par l'alcool et l'eau de barite. L'eau ainsi purifiée ne peut plus contenir que des nitrates et des muriates alcalins. Si cette eau précipite avec l'acétate d'argent, on en peut conclure qu'elle contient un muriate de soude ou de potasse; pour s'assurer quel est celui de ces deux sels, on évapore jusqu'à siccité

le liquide ainsi précipité. On dissout l'acétate dans l'alcool et on évapore jusqu'à siccité. Le sel sera déliquescent si c'est l'acétate de potasse, il sera efflorescent, si c'est l'acétate de soude.

[2. *Muriate de barite.*] Le muriate de barite peut se découvrir par l'acide sulfurique, ce muriate étant le seul sel baritique qu'on ait jusqu'à présent trouvé dans les eaux.

[3. *Muriates calcaires.*] On peut reconnoître la présence du muriate de chaux en opérant ainsi qu'il suit. On sépare de l'eau le sulfate de chaux et autres sulfates en l'évaporant jusqu'à quelques décagrammes, en la mêlant ensuite avec de l'alcool et en y ajoutant à la fin du nitrate de barite jusqu'à ce qu'il ne se manifeste plus de précipité, après quoi on filtre la liqueur et on l'évapore jusqu'à siccité. On traite à l'alcool la masse sèche obtenue, on évapore l'alcool à siccité et on dissout le résidu dans l'eau. Si cette dissolution précipite avec l'acétate d'argent et avec l'acide oxalique, elle *peut* contenir du muriate de chaux. Elle en contient nécessairement dans le cas ou après l'avoir traitée avec le carbonate de chaux, elle ne précipite point avec l'ammoniaque. Lorsqu'il en est ainsi, on sépare la chaux par l'acide oxalique, on filtre et on distille à une douce chaleur. Si le liquide

dans le récipient précipite avec le nitrate d'argent, il y avoit du muriate de chaux dans l'eau.

[4. *Muriate de magnésie.*] On distingue le muriate de magnésie, en séparant d'abord tout l'acide sulfurique par le nitrate de barite. On filtre ensuite la liqueur, on l'évapore à siccité et on traite à l'alcool la masse desséchée. On évapore jusqu'à siccité cette dissolution alcoolique et on dissout le résidu dans l'eau. Le muriate de magnésie, si l'eau en contient, doit se trouver dans cette dissolution. Supposons qu'au moyen des réactifs précédemment décrits, on se soit assuré de la présence de l'acide muriatique et de la magnésie dans cette dissolution; dans ce cas, si le carbonate de chaux n'y produit pas de précipité et si l'acide sulfurique, l'évaporation ou l'addition d'un peu d'alcool n'y en produisent pas non plus, alors la dissolution ne contient que le muriate de magnésie. Si ces réactifs y occasionnent des précipités, il faut séparer la chaux qui est présente par l'acide sulfurique et par l'alcool, et enlever ensuite par la distillation l'acide avec lequel elle étoit combinée. On sépare alors la magnésie par l'acide oxalique et par l'alcool, et on enlève par la distillation l'acide auquel elle étoit unie. Si le liquide dans la cornue précipite avec le nitrate d'argent, l'eau contient du muriate de magnésie.

[5. *Muriate d'alumine.*] On peut reconnoître la présence du muriate d'alumine en saturant l'eau, si elle contient un excès d'alcali, par l'acide nitrique, et en séparant l'acide sulfurique au moyen du nitrate de barite. Si le liquide ainsi purifié précipite avec le carbonate de chaux, il contient du muriate d'alumine. Le muriate de fer ou celui de manganèse, s'il en existe dans l'eau, sont aussi décomposés par ce sel et le fer précipité. Le précipité peut être dissous dans l'acide muriatique, et l'alumine, le fer et le manganèse, s'ils sont présens, peuvent être séparés ainsi qu'il sera indiqué ci-après.

III. Découverte de la présence des différens nitrates.

[*Nitrates.*] Les nitrates ne se rencontrent que rarement dans les eaux, mais lorsqu'ils y existent on peut s'en assurer de la manière suivante.

[1. *Nitrates alcalins.*] On enlève par l'acétate de barite l'acide sulfurique à l'eau soumise à l'examen, et par l'acétate d'argent, on en sépare l'acide muriatique. On évapore la liqueur après l'avoir filtrée et on traite à l'alcool le résidu desséché. La portion de cette masse qui

résiste à l'action de ce liquide ne peut consister que dans des nitrates alcalins et dans de l'acétate de chaux. On la dissout dans l'eau ; si cette dissolution précipite par le carbonate de magnésie, il y a présence de chaux et la séparation s'en opère par ce carbonate. On filtre, on évapore à siccité ; on verse de l'alcool sur la masse desséchée, tout ce qu'il n'en dissout pas ne peut être que des nitrates alcalins qu'on reconnoît et qu'on distingue aisément à leurs propriétés respectives.

[2. *Nitrates calcaires.*] Nitrate de chaux. Pour la recherche de ce sel dans l'eau qu'on analyse, il faut la concentrer et y ajouter ensuite de l'alcool afin d'en séparer les sulfates. Après avoir filtré la liqueur et enlevé l'alcool par la distillation, on en sépare l'acide muriatique par l'acétate d'argent. On filtre de nouveau, on évapore à siccité et on traite le résidu à l'alcool. On évapore une seconde fois à siccité et on dissout dans l'eau la masse desséchée. Si les réactifs ordinaires indiquent la présence de la chaux dans cette dernière dissolution, on en peut conclure que l'eau contenoit du nitrate de chaux.

[3. *Nitrate de magnésie.*] Pour reconnoître la présence du nitrate de magnésie, il faut débarrasser l'eau des sulfates et muriates, en suivant

exactement la manière qui vient d'être décrite. On évapore à siccité le liquide ainsi dégagé de ces sels, et on traite le résidu à l'alcool. On évapore de nouveau à siccité cette dissolution alcoolique, et l'on dissout dans l'eau la masse desséchée. On ajoute alors de la potasse à cette dissolution, tout aussi longtems qu'il s'y manifeste un précipité. On évapore encore une fois à siccité la dissolution filtrée et on traite le résidu avec l'alcool. S'il en reste une portion qui n'ait pas été attaquée par ce liquide, ce qui, dans ce cas, ne peut être que du nitrate de potasse, c'est une preuve que l'eau contenoit du nitrate de magnésie.

[*Sels incompatibles.*] Telles sont les méthodes à l'aide desquelles il devient facile de distinguer les différentes substances salines contenues dans les eaux. Le travail de leur analyse peut être considérablement abrégé, si l'on considère que les sels dont l'énumération suit, sont incompatibles entre eux et qu'ils ne peuvent exister ensemble dans l'eau, si ce n'est en très-petite proportion (1).

Kirwan's *on Mineral Waters.* Passim.

Sels.	*Incompatibles avec*
1. Sulfates d'alcalis fixes.	Nitrates de chaux et de magnésie. Muriates de chaux et de magnésie.
2. Sulfate de chaux....	Alcalis. Carbonate de magnésie. Muriate de barite.
3. Alun	Alcalis. Muriate de barite. Nitrate, muriate, carbonate de chaux. Carbonate de magnésie.
4. Sulfate de magnésie.	Alcalis. Muriate de barite. Nitrate et muriate de chaux.
5. Sulfate de fer......	Alcalis. Muriate de barite. Carbonates terreux.
6. Muriate de barite...	Sulfates. Carbonates alcalins. Carbonates terreux.
7. Muriate de chaux...	Sulfates, excepté celui de chaux. Carbonates alcalins. Carbonates de magnésie.
8. Muriate de magnésie.	Carbonates alcalins. Sulfates alcalins.
9. Nitrate de chaux....	Carbonates alcalins. Carbonates de magnésie et d'alumine. Sulfates, excepté celui de chaux.

Outre les substances dont nous venons d'indiquer la présence dans les eaux, il s'y trouve encore quelquefois une certaine quantité de bitume combiné avec l'alcali et à l'état de savon; lorsqu'il en est ainsi, les acides versés dans ces eaux y produisent un coagulum dont la nature bitumineuse, en le recueillant sur un filtre, se manifeste par sa combustibilité.

L'eau contient aussi quelquefois *l'extractif* dont la présence peut s'y découvrir par le nitrate d'argent. Il faut séparer de l'eau qu'on soupçonne en contenir les acides sulfurique et nitrique au moyen du nitrate de plomb, et si alors elle précipite en brun avec le nitrate d'argent, on en peut conclure qu'il y existe de la matière extractive (1).

SECTION II.

Méthode de détermination de la proportion des substances dans les eaux.

La proportion des substances salines qu'une eau tient en dissolution, peut être en quelque sorte évaluée d'après sa pesanteur spécifique.

---

(1) Westrumb.

Plus l'eau est légère et moins elle contient de sels; de même aussi que plus elle est pesante et plus la quantité qui y en existe est considérable. Nous devons à Kirwan une méthode très-ingénieuse pour estimer la proportion des substances salines dans une eau minérale dont la pesanteur spécifique est connue, de manière à ne pas faire erreur de plus d'un ou de deux centièmes.

[*Mode d'évaluation des substances salines dans l'eau.*] Cette méthode consiste à retrancher la pesanteur spécifique de l'eau pure de celle de l'eau minérale soumise à l'examen, (l'une et l'autre pesanteur spécifique étant exprimées en tous nombres) et de multiplier le reste par 1.4; le produit donne les substances salines contenues dans une quantité d'eau indiquée par le nombre employé à désigner la pesanteur spécifique de l'eau distillée. Soit la pesanteur spécifique de l'eau = 1.079, ou en tous nombres 1079, alors la pesanteur spécifique de l'eau distillée étant 1000, on aura 1079 — 1000 × 1.4 = 110.6 pour la quantité des substances salines contenues dans 1000 parties de l'eau dont il s'agit, et cette quantité sera par conséquent, de 11.06 dans 100 parties de la même eau (1). Cette formule sera souvent d'un

(1) Kirwan *on Mineral Waters*, p. 145.

très-grand usage comme servant d'étalon auquel nous pouvons comparer notre analyse. On suppose les substances salines, dont elle indique la présence, dépouillées de leur eau de cristallisation. C'est dans cet état seulement qu'on doit les considérer, ainsi que l'observe avec raison Kirwan, lorsqu'on parle de substances salines contenues dans une eau minérale.

Après avoir, à l'aide de cette formule, reconnu d'une manière assez exacte, la proportion des substances salines dans l'eau qu'on examine, et après avoir distingué par les réactifs décrits dans la dernière section les substances particulières qui y existent, il ne nous reste plus actuellement qu'à nous occuper des moyens de déterminer la proportion de chacune de ces substances.

[I. *Evaluation des corps gazeux.*] Il faut séparer d'abord et estimer les différens fluides aériformes. A cet effet, après avoir rempli d'eau une cornue aux 0.66 de sa capacité et y avoir adapté une cloche pleine de mercure renversée sur une cuve de mercure, on fait bouillir l'eau pendant un quart d'heure. Les fluides aériformes passent dans la cloche. Lorsque l'appareil est refroidi, on peut évaluer la quantité d'air dégagée de l'eau, soit en ramenant au niveau le mercure au dedans et en dehors de la cloche,

soit, si cela ne peut avoir lieu, en ramenant l'air à la densité convenable au moyen de la formule déja précédemment donnée. Il faut avoir soin de tenir compte en déduction de l'air de la cornue, et la cloche doit être divisée en centimètres et millimètres cubes.

Les seuls corps gazeux que contient l'eau, sont l'air atmosphérique, le gaz oxigène, les gaz azote, acide carbonique, les gaz hydrogène sulfuré et acide sulfureux. Ces deux dernières substances gazeuses n'existent jamais ensemble dans l'eau. Il faut préalablement s'assurer par les réactifs convenables que l'une ou l'autre soit présente. Si c'est le gaz hydrogène sulfuré il se trouvera mêlé avec l'air contenu dans la cloche, et il faut l'en séparer avant de procéder à l'examen de cet air; à cet effet, on transportera la cloche dans une cuve d'eau chaude et en y introduisant de l'acide nitrique, le gaz hydrogène sulfuré sera absorbé. On remet alors le résidu dans une cloche de mercure pour l'examiner.

Si c'est le gaz acide sulfureux que l'eau contient, il suffit d'introduire dans l'air de la cloche une dissolution de potasse pure et d'agiter doucement le tout. Les gaz acide carbonique et acide sulfureux seront absorbés et les autres gaz resteront. On évalue le volume de ce résidu, et

en le retranchant du volume total, on a celui des gaz acide carbonique et acide sulfureux qui ont disparu.

On évapore lentement la potasse presque jusqu'à siccité, et on la laisse exposée à l'air. Il se formera du sulfate de potasse, qu'on peut séparer en dissolvant le carbonate de potasse dans l'acide muriatique étendu et en filtrant la dissolution. 6.47 grammes de sulfate de potasse indiquent 1.94 grammes d'acide sulfureux, ou environ 700 centimètres cubes de cet acide à l'état de gaz. Le volume du gaz acide sulfureux reconnu par cette méthode, retranché du volume du gaz absorbé par la potasse, donne le volume du gaz acide carbonique. Or, un décimètre cube de gaz acide carbonique à la température de 15°.55 centigrades et sous la pression barométrique de 760 millimètres, pèse 1837 milligrammes. Il sera donc facile d'avoir son poids.

On examine l'air qui reste après la séparation du gaz acide carbonique, au moyen des différentes méthodes eudiométriques que nous avons précédemment décrites.

Lorsqu'une eau contient du gaz hydrogène sulfuré, on peut estimer le volume de ce gaz en opérant de la manière suivante. On remplit une cloche jusqu'aux 0.75 de sa capacité de l'eau dont on veut faire l'essai, on renverse

ensuite cette cloche dans une cuve d'eau, et on y introduit un peu de gaz nitreux. Ce gaz, en se mêlant avec l'air de la partie supérieure de la cloche, formera de l'acide nitreux, qui rendra l'eau trouble, en décomposant le gaz hydrogène sulfuré et en précipitant le soufre. On continue d'ajouter du gaz nitreux par intervalles et tout aussi longtems qu'il se manifeste des vapeurs rouges, on retourne alors la cloche et on en chasse l'air en soufflant. Si l'odeur de gaz hépatique se fait encore sentir, on recommence à opérer de la même manière. On juge par le soufre précipité de la proportion du gaz hydrogène sulfuré dans l'eau; un milligramme de soufre indiquant la présence dans l'eau de 843 millimètres cubes de ce gaz.

[II. *Evaluation des carbonates terreux.*] Après avoir ainsi reconnu les corps gazeux, ce sont les proportions des carbonates terreux qu'il s'agit de déterminer. Pour y parvenir il est nécessaire de dépouiller l'eau de son hydrogène sulfuré, si elle en contient; ce qui peut se faire, soit en laissant l'eau exposée pendant très-longtems à l'air, soit en la traitant avec la litharge. L'eau étant ainsi purifiée, si cela est nécessaire, on en fait bouillir pendant un quart d'heure une quantité suffisante, et on la filtre lorsqu'elle est refroidie. Les carbonates terreux restent sur le filtre.

Le précipité qu'on obtient ainsi peut être un carbonate de chaux, de magnésie, de fer, d'alumine, ou même un sulfate de chaux. On le fait dessécher à une chaleur rouge et on prend note de son poids. On le fait alors bouillir dans du carbonate de soude : on sature la soude par l'acide muriatique et on fait bouillir le mélange pendant une demi-heure. Le carbonate de chaux et l'alumine se précipitent. Après avoir fait sécher le précipité, on le traite avec l'acide acétique. La chaux sera alors dissoute et c'est l'alumine qui restera. On la sèche, on la pèse et en retranchant son poids de celui primitif, on a la proportion du sulfate de chaux.

La dissolution muriatique contient la chaux, la magnésie et le fer. En y ajoutant de l'ammoniaque pendant tout aussi longtems qu'il s'y produit un précipité rougeâtre, on en sépare le fer et une partie de la magnésie. Après avoir fait sécher le précipité, on l'expose pendant quelque tems à l'air à une chaleur de 93° centig. On le traite alors avec l'acide acétique qui dissout la magnésie, et on ajoute cette liqueur à la dissolution muriatique. Le fer se redissout dans l'acide muriatique, on le précipite par un carbonate alcalin, on le sèche et on le pèse.

On ajoute de l'acide sulfurique à la dissolution

muriatique, jusqu'à ce qu'il ne s'y manifeste plus de précipité ; on la chauffe ensuite et on la concentre. On expose à une chaleur rouge le sulfate de chaux ainsi obtenu, et on le pèse. Cent parties de ce sulfate doivent équivaloir à soixante-dix parties de carbonate de chaux desséché. On précipite la magnésie par le carbonate de soude, et après l'avoir fait sécher on la pèse. Mais comme il en reste une partie en dissolution, on évapore jusqu'à siccité et on lave le résidu avec une quantité d'eau distillée suffisante pour dissoudre le muriate de soude et le sulfate de chaux, s'il y en reste encore. Le résidu après le lavage, est le carbonate de magnésie. On le pèse et on ajoute son poids au premier. Il faut aussi séparer le sulfate de chaux, s'il en existe, et le peser.

[III. *Evaluation des acides minéraux.*] Les acides minéraux qui peuvent exister dans l'eau sans être combinés, sont, en n'y comprenant pas ceux à l'état de gaz, les acides sulfurique, muriatique et boracique.

1. On peut facilement déterminer la proportion d'acide sulfurique en le saturant avec de l'eau de barite, et en mettant le précipité à l'état d'ignition. Cent parties de sulfate de barite ainsi formé, indiquent 23.5 parties d'acide sulfurique réel.

2. On sature l'acide muriatique par l'eau de barite et on précipite ensuite la barite par l'acide sulfurique. Cent parties du précipité chauffé à l'ignition équivalent à 21 parties d'acide muriatique réel.

3. On précipite l'acide boracique par l'acétate de plomb. On décompose ensuite le borate de plomb en le faisant bouillir dans l'acide sulfurique, puis on évapore jusqu'à siccité. On dissout dans l'alcool l'acide boracique obtenu, on évapore la dissolution à siccité et on pèse l'acide boracique qu'on a pour résidu.

[*Carbonates alcalins.*] 4. On évalue la proportion de carbonate alcalin contenu dans l'eau, en saturant par l'acide sulfurique et en tenant compte du poids d'acide réel qu'il a fallu employer à cet effet. Or 100 parties d'acide sulfurique réel saturent 121.48 parties de potasse, et 78.32 parties de soude.

[IV. *Estimation des sulfates.*] Les différens sulfates que l'eau peut contenir, sont au nombre de six, savoir : les sulfates alcalins et ceux de chaux, d'alumine, de magnésie et de fer.

[1. *Sulfates alcalins.*] On peut reconnoître la proportion des sulfates alcalins en précipitant leur acide par le nitrate de barite, après avoir préalablement dépouillé l'eau de tous autres sulfates. Et en effet, 170 parties de sulfate de barite

chauffé à l'ignition, indiquent 100 parties de sulfate de soude desséché, tandis qu'il ne faut que 136.36 parties de sulfate de barite pour en représenter 100 de sulfate de potasse desséché.

[2. *Sulfates calcaires.*] On estime facilement le sulfate de chaux en évaporant jusqu'à quelques décagrammes l'eau qui en contient, après en avoir préalablement séparé les carbonates terreux par l'acide nitrique. On précipite ensuite le sulfate de chaux par l'alcool affaibli, et on pèse le précipité lorsqu'il a été complètement desséché.

[3. *Sulfates alumineux.*] On peut évaluer la quantité d'alun, en précipitant l'alumine par le carbonate de chaux ou par le carbonate de magnésie s'il n'existe pas de chaux dans l'eau. 12 parties d'alumine chauffée à l'incandescence, indiquent 100 parties d'alun cristallisé ou 49 parties du sel desséché.

[4. *Sulfates magnésiens.*] Le sulfate de magnésie, s'il n'y a pas d'autre sulfate présent, peut être facilement évalué en précipitant l'acide par un sel baritique; car 100 parties de sulfate de barite, mis à l'état d'ignition, indiquent 52.11 parties de sulfate de magnésie. Si le sulfate de magnésie n'est accompagné d'aucun autre sulfate que de celui de chaux, ce dernier peut être décomposé et sa base précipitée par le carbonate

de magnésie. On peut juger par le poids de la chaux ainsi obtenue, de la quantité de sulfate de chaux contenue dans l'eau. On précipite alors tout l'acide sulfurique par la barite, ce qui donne la quantité de cet acide, et en retranchant la portion qui appartient au sulfate de chaux, l'excédent représente ce qui était combiné avec la magnésie, et on en peut facilement déduire la proportion du sulfate de magnésie.

Si l'eau contient du sulfate de soude il ne peut y exister de nitrate ou de muriate terreux, et par conséquent s'il n'y a pas d'autre sulfate terreux présent, la magnésie peut être précipitée par la soude. Elle est ensuite séchée et pesée. 36.68 parties de magnésie indiquent 100 parties de sulfate de magnésie desséché. Le même procédé réussit lorsqu'avec les sulfates de magnésie et de soude, se trouve encore le sulfate de chaux. Dans ce cas seulement le précipité qui consiste et en chaux et en magnésie doit être dissous dans l'acide sulfurique. On évapore cette dissolution à siccité, et on traite le résidu avec le double de son poids d'eau froide. Le sulfate de magnésie est dissous, celui de chaux reste. On évapore à siccité l'eau de lavage qui s'est chargée de sulfate de magnésie, on expose le résidu à une chaleur de 200° centigrad. et on le pèse. La même manière d'opérer réussit, si au lieu du sulfate de chaux, c'est

l'alun qui est présent. Dans ce cas il faut traiter le précipité préalablement desséché avec l'acide acétique qui dissout la magnésie et laisse l'alumine. La magnésie peut être de nouveau précipitée, séchée et pesée. S'il y a du sulfate de fer dans l'eau on peut l'en séparer en exposant l'eau à l'air pendant quelques jours et en y ajoutant une portion d'alumine. Il se forme de l'oxide de fer et du sulfate d'alumine qui se précipitent l'un et l'autre à l'état d'une poudre indissoluble. On peut alors évaluer le sulfate de magnésie, ainsi que nous l'avons déja indiqué.

[5. *Sulfate de fer.*] On peut déterminer la quantité de sulfate de fer, en précipitant le fer par le prussiate de potasse, après avoir préalablement reconnu le poids du précipité produit par le prussiate dans une dissolution dans l'eau d'une quantité connue en poids de sulfate de fer. S'il existe aussi dans l'eau du muriate de fer, ce qui est un cas très-rare, on peut le séparer en évaporant l'eau à siccité, et en traitant le résidu à l'alcool qui dissout le muriate en laissant le sulfate. Le sulfate peut encore être évalué avec une grande précision, suivant le mode indiqué par Kirwan (1).

(1) *On Mineral Waters*, p. 220.

[V. *Estimation des muriates.*] 1. Si ce sont les muriates de potasse ou de soude qui existent dans l'eau, sans qu'il y ait aucun autre sel, il suffit de les décomposer par le nitrate d'argent, et de faire sécher le précipité; car 217.65 parties de muriate d'argent indiquent 100 parties de muriate de potasse, et 235 parties de muriate d'argent représentent 100 parties de muriate de soude.

On doit opérer de la même manière, s'il existe dans l'eau des carbonates alcalins. Il ne faut que saturer préalablement ces carbonates alcalins par l'acide sulfurique, et substituer le sulfate d'argent au nitrate pour précipiter l'acide muriatique. La présence du sulfate de soude n'apporte aucun changement aux résultats qu'on obtient ainsi.

Si le muriate d'ammoniaque se trouve contenu dans l'eau en même tems que l'un ou l'autre des sulfates d'alcalis fixes, sans présence d'aucun autre sel, on décompose le muriate d'ammoniaque par l'eau de barite, on dégage l'ammoniaque par l'ébullition, on précipite la barite par l'acide sulfurique étendu, et on sature l'acide muriatique par la soude. Le sulfate de barite, ainsi précipité, indique la quantité du muriate d'ammoniaque. Cent parties de soufre dénotent 49.09 parties de ce sel. S'il y a des sulfates

présens dans la dissolution, on doit préalablement les en séparer.

[*Muriates terreux.*] 2. Si le muriate de soude est accompagné de muriates de chaux, de magnésie, d'alumine, ou de muriate de fer, ou par tous ces muriates ensemble, sans aucun autre sel, les terres peuvent être précipitées par l'eau de barite et redissoutes dans l'acide muriatique. On les sépare alors l'une de l'autre par les moyens précédemment indiqués, et on déduit de leur poids reconnu la quantité de chaque muriate terreux particulier que contient l'eau. Et, en effet, 50 parties de chaux représentent 100 parties de muriate de chaux desséché; 30 parties de magnésie équivalent à 100 parties de muriate de cette terre, et 21.8 parties d'alumine dénotent 100 parties de muriate d'alumine. On sépare la barite de la dissolution par l'acide sulfurique, et on dégage l'acide muriatique par la chaleur, ou en le saturant avec la soude. On peut reconnoître le muriate de soude par l'évaporation en retranchant, dans le dernier cas, la proportion du muriate de soude indiquée de la quantité connue d'acide muriatique dont on avoit séparé les terres.

Lorsque l'eau contient à la fois des sulfates et des muriates, on doit en opérer la séparation, soit en précipitant les sulfates par l'alcool, soit

en évaporant le tout à siccité, et en dissolvant les muriates terreux dans l'alcool. On peut faire l'évaluation des sels ainsi séparés par les règles déja établies.

Si avec des muriates terreux et alcalins, il s'y trouve encore réuni du sulfate de chaux, il convient de décomposer ce dernier sel par le muriate de barite. On juge par le précipité du poids de ce sulfate contenu dans l'eau. On fait cette évaluation comme lorsqu'il n'y a que des muriates présens. Ce n'est que du muriate de chaux, qu'on sait avoir été formé par l'infusion du muriate de barite, qu'il faut déduire cette proportion de muriate.

Lorsque les muriates de soude, de magnésie et d'alumine se rencontrent ensemble avec les sulfates de chaux et de magnésie, il faut, pour faire l'examen de l'eau, la diviser en deux portions égales. A l'une de ces portions, on ajoute du carbonate de magnésie jusqu'à ce que la chaux et l'alumine soient entièrement précipitées. On s'assure de la quantité de chaux que donne la proportion de sulfate de chaux. On précipite l'acide sulfurique par le muriate de barite, ce qui en donne la proportion contenue dans le sulfate de magnésie et dans le sulfate de chaux. En retranchant cette dernière portion, on a la quantité du sulfate de magnésie.

De la seconde portion de l'eau, on précipite par l'eau de chaux, toute la magnésie et l'alumine. Le poids de ces terres fait connoître ceux des muriates de magnésie et d'alumine contenus dans l'eau, en retranchant la portion de magnésie existant à l'état de sulfate indiquée par l'examen de la première portion d'eau. Cette estimation faite, on précipite l'acide sulfurique par l'eau de barite, et la chaux par l'acide carbonique. Le liquide étant évaporé à siccité le résidu est le muriate de soude.

[VI. *Estimation des nitrates.*] [1. *Nitrates alcalins.*] Lorsqu'avec les sulfates et muriates, il existe dans l'eau du nitrate de potasse sans aucun autre nitrate, on décompose les sulfates par l'acétate de barite, et les muriates par l'acétate d'argent. On évapore à siccité la liqueur après l'avoir filtrée, et en traitant le résidu à l'alcool, les acétates sont dissous; il ne reste que le nitrate de potasse dont on peut facilement évaluer la quantité. S'il y a présence d'un alcali, il faut préalablement le saturer par les acides sulfurique ou muriatique.

[2. *Nitrates terreux.*] S'il se trouve ensemble dans l'eau du nitrate de potasse, du muriate de soude, du nitrate de chaux, des muriates de chaux et de magnésie, on doit évaporer l'eau jusqu'à siccité et en traiter le résidu à l'alcool qui se

charge des sels terreux. On peut ensuite séparer le nitrate de potasse du résidu redissous dans l'eau, et l'évaluer comme dans le dernier cas. On évapore jusqu'à siccité la dissolution alcoolique et le résidu qu'on obtient, on le fait dissoudre dans l'eau. Supposons qu'il contienne du muriate de magnésie, du nitrate de chaux et du muriate de chaux, on en sépare la magnésie par le carbonate de chaux, et on tient note de la quantité qui donne celle du muriate de magnésie; en retranchant ensuite l'acide muriatique contenu dans ce sel de la quantité totale de l'acide indiquée par le précipité d'argent, on a la proportion du muriate de chaux; enfin, on sature par l'acide nitrique la chaux ajoutée pour précipiter la magnésie. On précipite alors toute la chaux par l'acide sulfurique, et en retranchant du sulfate de chaux, ainsi formé, la portion qui en a été produite par le carbonate de chaux ajouté, ainsi que par la chaux contenue dans le muriate, le surplus donne la proportion de chaux qui existoit dans le nitrate de cette base, et 35 parties de chaux représentent 100 parties de nitrate de chaux desséché.

Fin du Tome sixième.

ERRATA

DU TOME SIXIÈME.

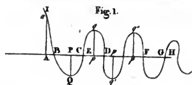
Pages.	Lignes.
4	3 de la note, 651 *lisez* 645
18	23 et 24, des molécules du dissolvant *lisez* des molécules, et du dissolvant
61	2 de la note, celui *lisez* le nombre
72	3 de la note, celle *lisez* la table.
85	8, d'avec celui *lisez* et de celui
Id.	17, d'atôme *lisez* d'atômes
89	5, March'err *lisez* Marherr
105	4, de celle *lisez* de la quantité
109	11, qu'elles *lisez* qu'ils
117	1, aucune *lisez* une
Id.	15, l'ajoute *lisez* les ajoute
131	5 et 6, leur action mutuelle l'une sur l'autre *lisez* l'action mutuelle de l'une sur l'autre
Id.	6 et 7, d'où il s'ensuit *lisez* d'où il suit
165	26, on la laisse écouler *lisez* on laisse écouler cette eau
175	23, 548 *lisez* 545
181	17, est *lisez* et
208	5, dant *lisez* pendant
209	21, d'où il s'ensuit *lisez* d'où il suit
229	14, 1::4750 mill. *lisez* ::4750 mètres
256	15, 3792545 *lisez* 393316
297	1, celles *lisez* les portions
344	16 et 17, insoluble dans l'eau qui enveloppe le savon *lisez* insoluble dans l'eau, qui enveloppe le savon

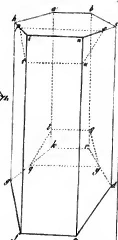
Pages.	Lignes.	
346	19 et 20,	de laquelle on *lisez* et c'est de cette eau qu'on
348	4,	34° *lisez* 35°6
351	15,	une d'indication *lisez* une indication
355	2 et 3,	la latitude du 10e. au 20e. degré *lisez* le 10e. et le 20e. degré
356	7,	toutes les eaux où il est *lisez* toutes les eaux, où il est
379	9,	celle *lisez* la couleur

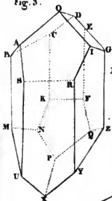
Digitized by Google

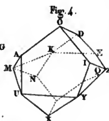
SYSTÈME DE CHIMIE
de Thomson.

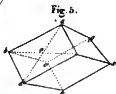
Pl. 1re *Vol. 6.*

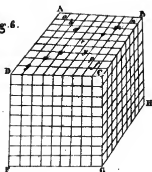
















Darena del. *Rue Mignon N.° 7*

Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.

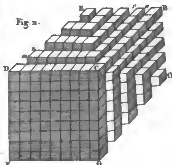


Fig. 12.

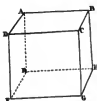


Fig. 13.

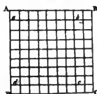


Fig. 14.

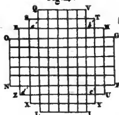
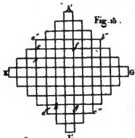


Fig. 15.



Digitized by Google

Fig. 16.

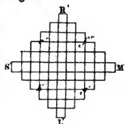


Fig. 17.

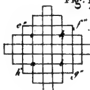


Fig. 18.

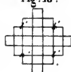


Fig. 19.



Fig. 20.



Fig. 21.



Fig. 22.

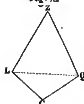


Fig. 23.

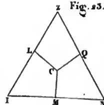


Fig. 25.

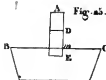


Fig. 24.



Fig. 1.

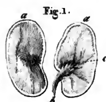
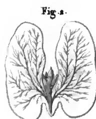


Fig. 2.



Digitized by Google

005653872

Digitized by Google



